



4.8 Verantwortungsvoller Umgang mit Wasser am Beispiel der BASF SE Ludwigshafen

ERICH VÖLKER, GERHARD ZIMMER & BERND ELENDDT-SCHNEIDER

Responsible water use – the example of BASF SE Ludwigshafen: BASF places a high priority on the responsible use of water resources. Efficient processes as well as better treatment of wastewater strongly reduce emissions into the Rhine. This is achieved by using a combination of process-integrated technologies in the production process (prevent, reduce and reuse), decentralized wastewater pretreatment processes, and downstream wastewater purification in the central treatment plant (end-of-pipe). The success and constant improvement of this system are illustrated by the example of wastewater generation trends, as well as by the reductions in the pollution loads of TOC, ammonium-nitrogen and EDTA. This article presents the main options and processes available for the reduction of wastewater pollution levels, and provides specific examples of the measures implemented. One example is provided for each of the following: a process-integrated wastewater prevention measure, a recovery process for potentially recyclable materials, a decentralized wastewater pretreatment process, and a centralized end of pipe treatment in the treatment plant.

Wasser ist für die Chemieindustrie unverzichtbar. Wasser dient als Reaktionspartner und Lösungsmittel in chemischen Prozessen, wird zur Kühlung und Dampferzeugung eingesetzt und ist für die Versorgung unserer Standorte mit Rohstoffen und den Transport unserer Produkte von großer Bedeutung.

Der verantwortungsvolle Umgang mit der Ressource Wasser wird im Folgenden am Beispiel des Produktionsstandortes Ludwigshafen der BASF SE dargestellt und erläutert.

Der Verbundstandort Ludwigshafen der BASF SE

Der Verbundstandort Ludwigshafen ist größter zusammenhängender Chemieproduktionskomplex der Welt. Hier werden rund 8.000 Verkaufsprodukte hergestellt.

BASF betreibt weltweit sechs Verbundstandorte und über 390 weitere Produktionsstandorte. An unseren Verbundstandorten sind Produktionsbetriebe, Energie- und Abfallströme, Logistik und Infrastruktur miteinander

vernetzt. Chemische Prozesse können in diesem System mit geringem Energieeinsatz und hoher Ausbeute an Produkten ressourcenschonend ablaufen. Durch die Verknüpfung der Anlagen im Produktionsverbund entstehen effiziente Wertschöpfungsketten von Grundchemikalien bis hin zu hoch veredelten Produkten wie Lacken oder Pflanzenschutzmitteln. Außerdem können die Nebenprodukte einer Fabrik einer anderen als Rohstoffe dienen. Ein dichtes Netz von Rohrleitungen verbindet die Produktionsanlagen. Diese Leitungen sind umweltfreundliche Transportwege, die Rohstoffe und Energieträger schnell und sicher ans Ziel bringen.

Produktionsspezifische Umweltbelastung

Der Verbund des Standortes Ludwigshafen bietet durch seine Vernetzung günstige Voraussetzungen für eine umweltfreundliche Produktion.

Bei der Herstellung von chemischen Erzeugnissen fallen Emissionen und Abfälle an. Pro Tonne Ver-

*Aus: WARNSIGNAL KLIMA: Genug Wasser für alle? 3.Auflage (2011).
- Hrsg. Lozán, J. L. H., Graßl, P. Hupfer, L. Karbe & C.-D. Schönwiese*

kaufsprodukt waren dies 2004 in der BASF SE durchschnittlich 4,9 Kilogramm und 2009 im Mittel 3,0 Kilogramm. Bezogen auf den Vergleichswert von 1996 (9,1 kg/t) konnte durch ständige Verbesserungen die produktionsspezifische Umweltbelastung um 46% (bis 2005) bzw. um zwei Drittel bis zum Jahr 2009 reduziert (Abb. 4.8-1) werden.

Die Umweltbelastung berechnet sich aus der Menge der nichtverwertbaren Abfälle, die ordnungsgemäß deponiert werden, der organischen Abwasserfracht (gemessen als CSB = Chemischer Sauerstoffbedarf) und der emittierten luftfremden Stoffe. Im Jahr 2009 stellte die BASF SE rund 7,7 Mio. t Verkaufsprodukt her.

Der Rückgang der produktionsspezifischen Umweltbelastung ist in der Vergangenheit zunächst auf den Einsatz von nachsorgender Umwelttechnik wie Abgas- und Abwasserreinigungsanlagen, Rückstandsverbrennungsöfen und Deponien zurückzuführen. In den 1990er Jahren wurde diese nachsorgende Umwelttechnik durch das konsequente Anwenden des Konzepts »Vermeiden, Vermindern, Verwerten« mit dem Ziel ergänzt, schon bei der Planung von Verfahren und Anlagen das Entstehen von Abfällen oder Emissionen zu mindern. Dieser so genannte »produktionsintegrierte Umweltschutz« wird in der Zukunft noch an Bedeutung gewinnen und End-of-pipe Verfahren ergänzen. Die BASF verfolgt das Ziel durch eine optimale Kombination beider Ansätze die Belastung der Umwelt weiter zu verringern.

Wasserrförderung, Nutzung und Ableitung

Von besonderer Bedeutung mit Blick auf die Versorgung des Standortes Ludwigshafen mit Wasser und die Entsorgung des Abwassers ist seine Lage am Rhein.

Der Rhein ist als Wasserressource eine der wichtigsten Lebensadern des Standortes und als Vorfluter für die gereinigten Abwässer eine wichtige Schnittstelle zwischen der chemischen Produktion und der Umwelt.

Die Wasserförderung der BASF SE betrug 2010 ca. 1.430 Mio. m³ und wurde zu 98% durch Entnahme von Flusswasser aus dem Rhein gedeckt.

Dieses Wasser wird im wesentlichen zur Kühlung von Prozessen in geschlossenen Rohrleitungssystemen genutzt und unverschmutzt in den Rhein zurückgeleitet. Interne Kühlkreisläufe ermöglichen eine zusätzliche Mehrfachnutzung von 569 Mio. m³ und reduzieren die Flusswasserentnahmen entsprechend. Ein Anteil des Wassers von etwa 10% wird direkt in der Produktion eingesetzt. Verschmutztes Wasser aus der Produktion, Sanitärabwasser und kommunales Abwasser wird der eigenen Kläranlage zur Reinigung zugeführt.

Die geförderte Grundwassermenge beträgt weniger als 2% des gesamten Wasserbedarfs. Das Grundwasser wird aufbereitet und zu etwa gleichen Teilen in der Dampferzeugung und der Produktion verwendet. Der Trinkwasserbedarf liegt bei weniger als 0,2% der gesamten Menge.

Abwassertechnik und Abwassermanagement

Historie

Bis Anfang der 1970er Jahre leitete BASF am Standort Ludwigshafen das Abwasser ungeklärt in den Rhein. Verschmutzte Produktionsabwässer und unverschmutztes Kühlwasser waren vermisch und wurden über ein gemeinsames Kanalnetz abgeleitet.

Im Jahr 1974 wurde die Kläranlage in Betrieb genommen. Diesem Schritt waren umfangreiche Pla-

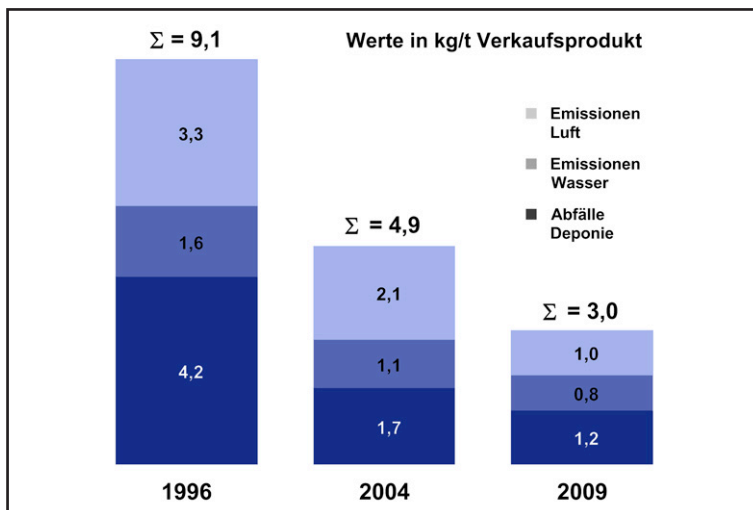


Abb. 4.8-1: Produktionsspezifische Umweltbelastung je Tonne Verkaufsprodukt der BASF SE, Standort Ludwigshafen.

nungs-, Versuchs- und Projektierungsarbeiten vorausgegangen. So mussten, um die hydraulische Belastung beherrschbar zu machen, Schmutzwässer und unkontaminierte Kühlwasser separiert und über ein getrenntes Kanalsystem geführt werden: Schmutzwasser zur Reinigung in die Kläranlage, erwärmtes Kühlwasser direkt in den Rhein.

Zentrale Kläranlage

Die zentrale biologische Behandlung des Abwassers stellt nach wie vor das Herzstück der Abwasserreinigung am Standort Ludwigshafen dar.

Die Kläranlage der BASF ist eine der größten ihrer Art in Europa. In ihr könnten Abwässer von 6 bis 7 Mio. Einwohnern gereinigt werden. Die Kläranlage reinigt neben den Abwässern der BASF SE auch die kommunalen Abwässer der Städte Ludwigshafen, Frankenthal und der Gemeinden Bobenheim-Roxheim, Mutterstadt und Altrip.

Nach der Neutralisation werden, wie in dem Schema (Abb. 4.8-2) skizziert, in den Vorklärbecken zunächst die Feststoffe entfernt (Primärklärung). In den nachfolgenden Belebungsbecken (Biologie) kommt das Abwasser mit dem biologisch aktiven Klärschlamm zusammen und wird intensiv mit Sauerstoff versorgt. Die Schadstoffe im Abwasser werden mikrobiell zersetzt oder adsorbieren an der Schlammoberfläche. Der

hohe Sauerstoffzusatz ermöglicht auch das Wachstum nitrifizierender Bakterien, die Ammonium-Stickstoff zu Nitrat oxidieren, das ebenfalls abgebaut wird (Denitrifikation). In der folgenden Trennstufe (Nachklärung) wird der Belebtschlamm von dem gereinigten Abwasser getrennt und das Wasser fließt in den Rhein.

Der Belebtschlamm wird zum größten Teil in die Belebungsstufe zurückgeführt, überschüssige Mengen werden ausgeschleust und in der eigenen Klärschlammverbrennung entsorgt. Dabei werden Strom und Wärme gewonnen.

Entwicklung der Emissionen über das Abwasser in den Rhein

Seit der Inbetriebnahme der zentralen Kläranlage im Jahr 1974 wurde die Abwasserreinigung am Standort Ludwigshafen durch eine Vielzahl von Maßnahmen ständig weiterentwickelt und optimiert. Der Erfolg dieses Prozesses ist in Abb. 4.8-3a-d für einige typische Parameter veranschaulicht.

So konnte beispielsweise die Abwassermenge, die in der zentralen Kläranlage zu behandeln ist, von 675.000 m³/d im Jahr 1987 auf 335.000 m³/d im Jahr 2010 gesenkt werden.

Die Gesamtemissionen an organischen Stoffen über den Ablauf der Kläranlage in den Rhein (gemes-

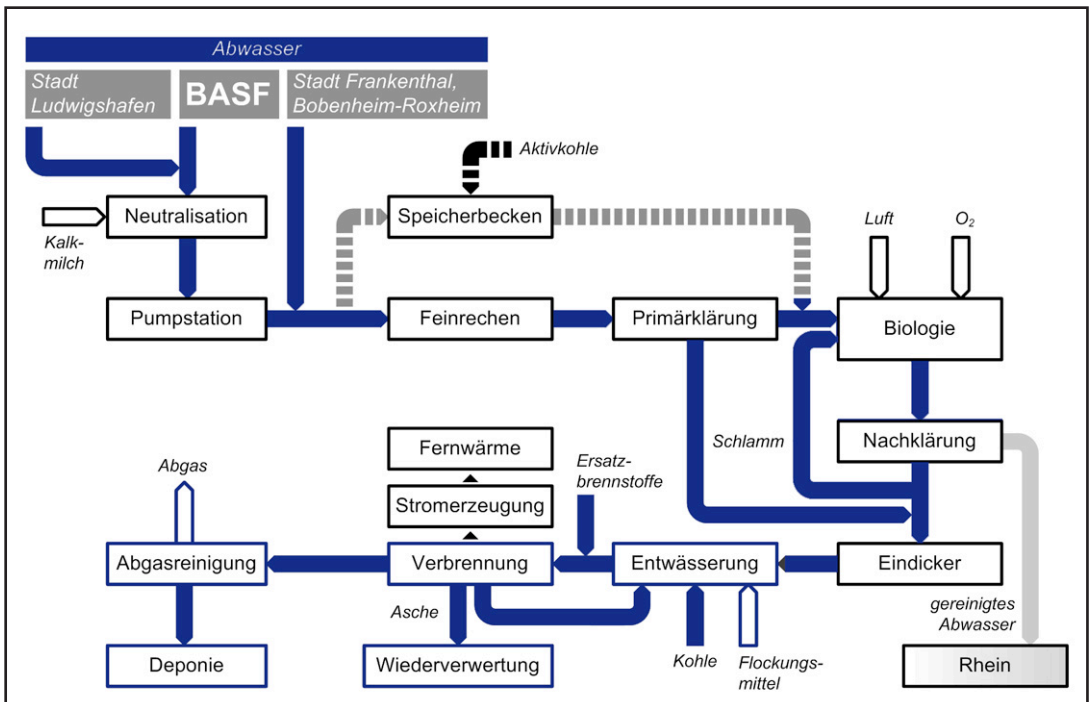


Abb. 4.8-2: Schema der zentralen Kläranlage der BASF SE am Standort Ludwigshafen.

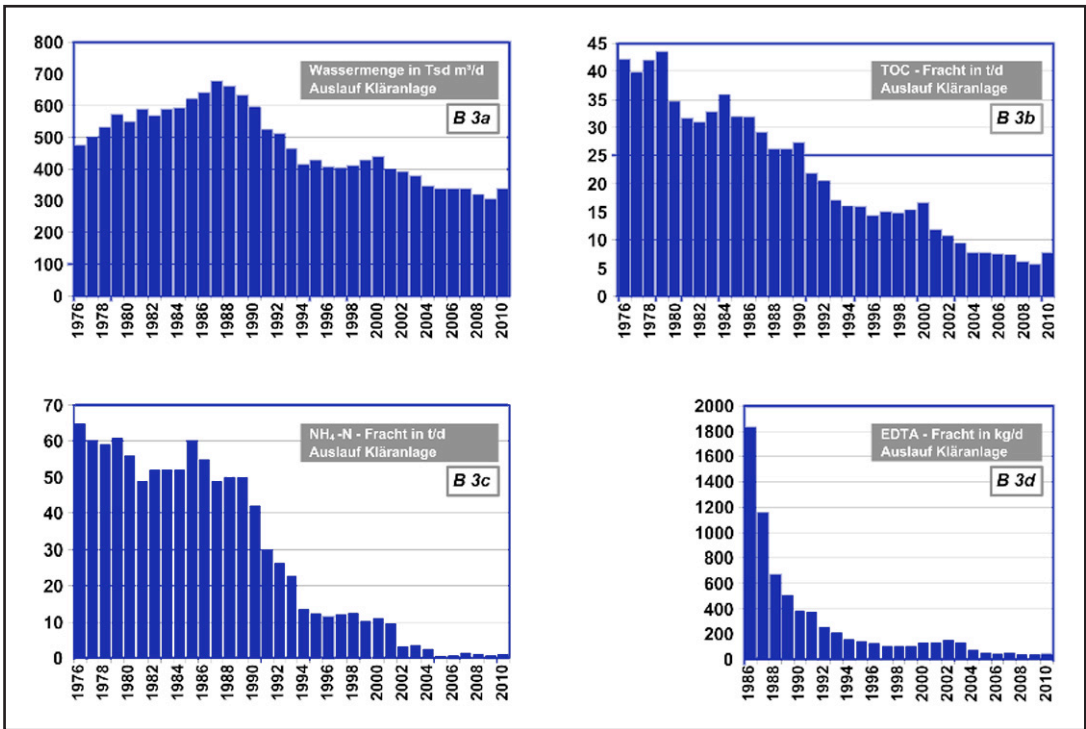


Abb. 4.8-3a-d: Entwicklung abwasserrelevanter Parameter am Ablauf der zentralen Kläranlage der BASF SE am Standort Ludwigshafen (Abwassermenge, TOC-Fracht, Ammoniumstickstoff-Fracht und EDTA-Fracht).

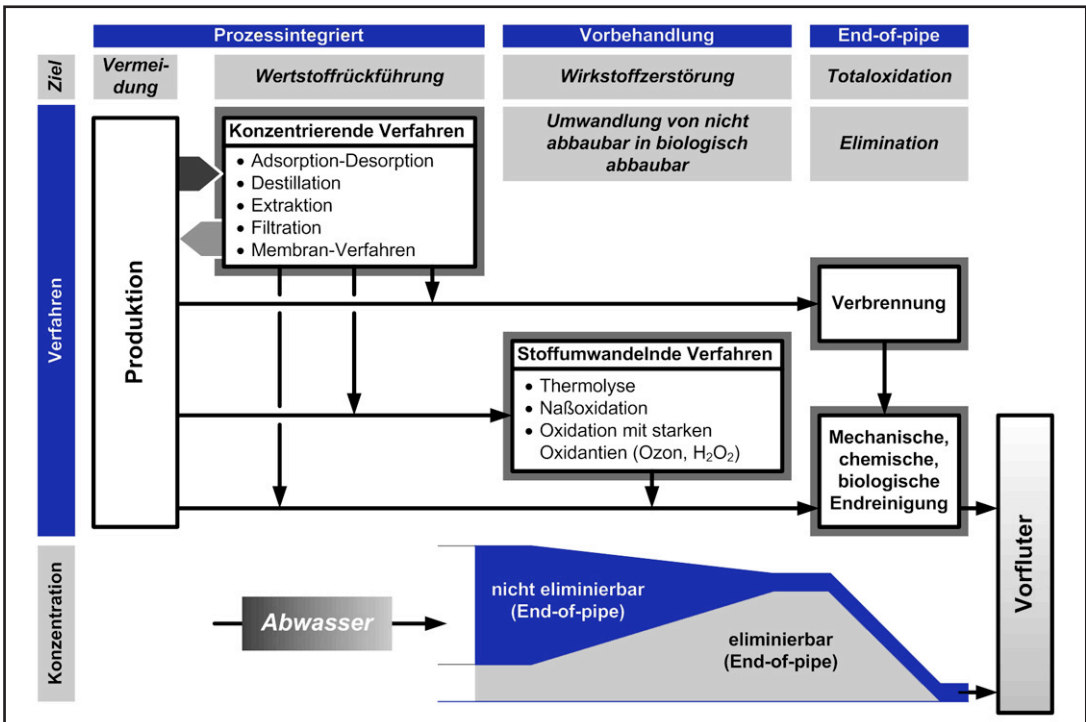


Abb. 4.8-4: Übersicht zu prozessintegrierten Verfahren zur Wertstoffrückführung, zur Vorbehandlung und zur End-of-pipe Behandlung von Abwasser.

sen als TOC = Total Organic Carbon) konnte im Zeitraum 1976 bis 2010 von über 40 t/d auf weniger als 8 t/d vermindert werden.

Die Belastung des Rheins mit Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) konnte ebenfalls drastisch gesenkt werden. Wurden im Jahr 1976 noch 63 t/d eingeleitet, so sind es heute nur noch ~ 1 t/d.

Als Beispiel für die Frachtminderung bei einem biologisch schwer eliminierbaren Einzelstoff haben wir EDTA (Ethylendiamintetraessigsäure) ausgewählt. Auch hier ist es gelungen die Belastung des Rheins deutlich von 1830 kg/d (1986) auf durchschnittlich 34 kg/d im Jahre 2010 zu reduzieren.

Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung der Gewässerbelastung

Überblick, Prinzipien und Verfahrensauswahl

Die in vorigem Abschnitt dargestellten Erfolge bei der Verminderung der Wassermenge und Frachten sind das Ergebnis maßgeschneiderter Kombinationen von Maßnahmen die im Produktionsprozess beginnen, der gezielten dezentralen Vorbehandlung einzelner Abwasserströme und der zentralen Behandlung des gesamten Abwassers in der Kläranlage (End-of-pipe). Die prinzipiellen Kombinationsmöglichkeiten der verschiedenen Verfahren sind in *Abb. 4.8-4* zusammengestellt.

Von besonderer Bedeutung sind dabei die prozessintegrierten Maßnahmen, mit denen im Idealfall der Anfall von belastetem Abwasser ganz vermieden werden kann (abwasserfreie Produktionsverfahren). Allerdings sind diese Verfahren aus Gründen der Chemie und Technik nur in Einzelfällen möglich. Sie sind oft sehr forschungs- und entwicklungsintensiv.

Sehr nah am Produktionsprozess und damit noch als prozessintegriert zu betrachten sind alle Verfahren, mit denen eine Wertstoffrückführung in den Prozess erreicht werden kann. Dafür bieten sich alle die physikalischen Verfahren an, mit denen eine Aufkonzentrierung und/oder Rückgewinnung mit anschließender Reinigung des zurück zu führenden Wertstoffes erreicht werden kann. Zu diesen so genannten »konzentrierenden Verfahren« gehören beispielsweise die Adsorption/Desorption an geeigneten Adsorbentien, die Destillation und Extraktion oder auch Membranverfahren. Ein typisches Beispiel dafür ist die Rückgewinnung und Rückführung von Lösungsmitteln.

Bei Abwasserinhaltsstoffen die nicht in den Produktionsprozess zurückgeführt werden können, muss geprüft werden, ob sie in einer biologischen Kläranlage ausreichend eliminiert werden können. Ist dies nicht der Fall, besteht die Möglichkeit einer Vorbehandlung,

bei der die Abwasserinhaltsstoffe chemisch verändert werden mit dem Ziel, die biologische Eliminierbarkeit zu verbessern. Bewährt haben sich dabei Behandlungen bei erhöhter Temperatur unter Druck wie z.B. die Thermolyse und die Nassoxidation oder die Oxidation mit starken Oxidationsmitteln wie Ozon, sowie Wasserstoffperoxid mit katalytischer Aktivierung. Die Verfahrensauswahl und die Ausarbeitung der optimalen Verfahrensbedingungen erfolgt in diesen Fällen auf der Basis von Laborversuchen und von Pilotanlagen im halbtechnischen Maßstab. Dabei muss vor Allem der Gesamtwirkungsgrad der Kombination Vorbehandlung mit End-of-Pipe Behandlung betrachtet werden.

Kann das geforderte Reinigungsziel auch durch die Kombination von Vor- und Endbehandlung nicht erreicht werden, bleibt als extremes Abwasserbehandlungsverfahren nur die Verbrennung des Abwassers, entweder direkt oder nach einer vorgeschalteten Aufkonzentrierung mit thermischen Verfahren.

Es liegt auf der Hand, dass die Entwicklung eines geeigneten und optimierten Abwassermeidungs- und Behandlungskonzeptes vom Produktionsprozess bis zur End-of-Pipe Behandlung ein vielschichtiger Vorgang ist, da neben der technischen Machbarkeit auch ökonomische und ökologische Gesichtspunkte ausgewogen zu berücksichtigen sind. Bei komplexen Prozessen mit mehreren Möglichkeiten kann der »richtige Weg« häufig nur mit Hilfe einer »Ökoeffizienzanalyse« [1, 2] einem von BASF entwickelten Bewertungssystem, gefunden werden.

Es würde sicherlich den Rahmen dieses Beitrages sprengen, wollte man hier alle prozesstechnischen Möglichkeiten mit ihren Details zur Vermeidung und Verminderung der Abwasserbelastung in der chemischen Industrie aufführen. Hier muss auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen werden.

Zur weiteren Veranschaulichung der in *Abb. 4.8-4* zusammengefassten Verfahren und Kombinationen werden im Folgenden beispielhaft einige am Standort Ludwigshafen realisierte Maßnahmen vorgestellt.

Beispiel für eine prozessintegrierte Lösung: Abwasserfreies Verfahren zur Herstellung von Isoocten

Isoocten, ein wichtiges Vorprodukt der chemischen Industrie zur Herstellung von Weichmachern, wurde bisher durch eine homogen katalysierte Synthese hergestellt. Bei diesem Verfahren war der Katalysator in dem Reaktionsmedium gelöst und wurde mit dem umgesetzten Rohprodukt ausgeschleust. Der Katalysator war für die weitere Synthese nicht mehr einsetzbar und wurde mit Wasser versetzt, um die Brandgefahr auszuschließen. Dieser Vorgang verursachte eine hohe Abwasserbelastung (*Abb. 4.8-5*).

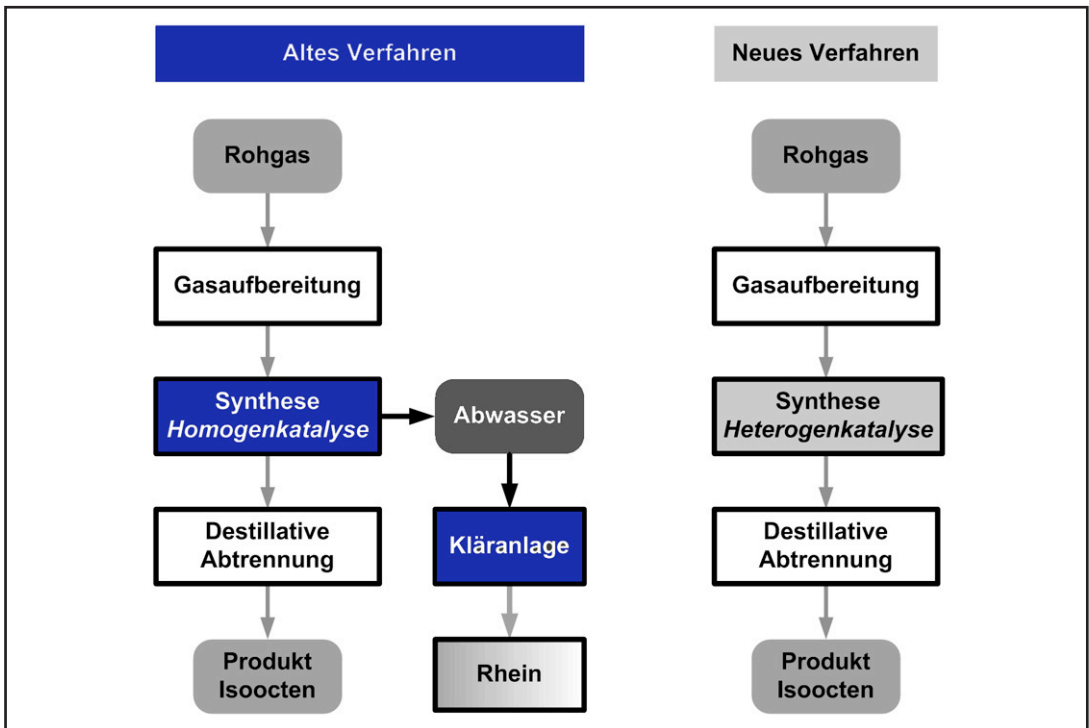


Abb. 4.8-5: Verfahrensumstellung zur Vermeidung von Abwasser bei der Produktion von Isoocten.

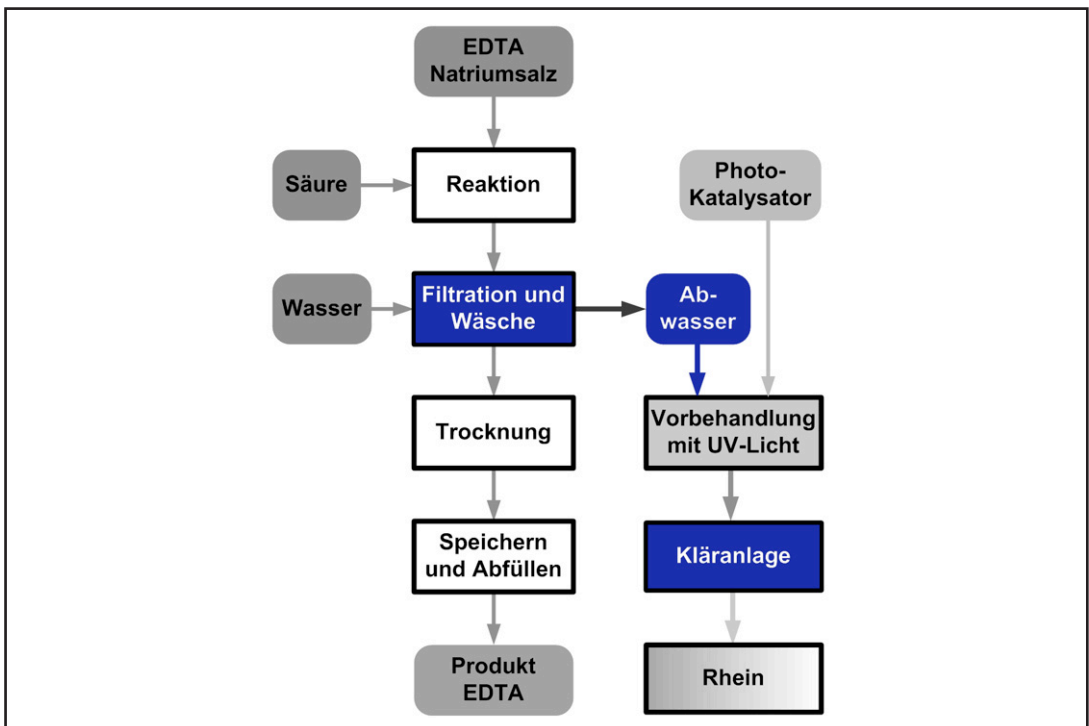


Abb. 4.8-6: Vorbehandlung EDTA-haltiger Abwässer mit UV-Licht in Kombination mit End-of-pipe Behandlung in der zentralen Kläranlage.

Durch Weiterentwicklung der Technologie konnte ein heterogener, d.h. fester Katalysator gefunden werden, der im Reaktionsraum verbleibt. Damit wird der Anfall eines mit organischen Stoffen hoch belasteten Abwassers vermieden. Die Abwasserfracht der gesamten Anlage konnte so um mehr als 97% reduziert werden. Auch das Abfallaufkommen sank durch die längere Nutzungsdauer des festen Katalysators.

Beispiel für ein stoffumwandelndes Verfahren: Vorbehandlung von Abwasser aus der EDTA-Produktion durch katalytische Oxidation mit UV-Licht

EDTA stellt ein wichtiges Hilfsmittel zur Komplettierung störender Metallionen in der chemisch-technischen Industrie, der Wasch- und Reinigungsmittelindustrie, der Papier- und Textilindustrie sowie der Galvanik- und Leiterplatten- sowie der Photoindustrie dar. Die Substanz ist toxikologisch unkritisch, jedoch biologisch schwer abbaubar. Die BASF als ein Hersteller dieser Chemikalie hat große Anstrengungen unternommen, die Belastung der Umwelt durch betriebliche Maßnahmen zu minimieren. Wie in Abb. 4.8-3d gezeigt, wurden die Emissionen in den Rhein über die letzten 25 Jahre drastisch reduziert.

Die jüngste Minderung der Emissionen konnte durch eine dezentrale Vorbehandlung belasteter Ströme aus der Produktion erreicht werden (Abb. 4.8-6). Bei

der im Jahre 2004 in Betrieb genommenen Anlage wird durch gezielte Aktivierung mit UV-Licht und Zugabe eines Photo-Katalysators das EDTA-Molekül zerstört und in biologisch abbaubare Stoffe umgewandelt [3]. Diese werden dann in der zentralen Kläranlage eliminiert.

Beispiel für eine prozessintegrierte Maßnahme durch Wertstoffrückführung: Rückgewinnung von NH₃ durch Destillation

Wie aus Abb. 4.8-3c zu entnehmen ist, lagen die Ammoniumstickstoff-Emissionen des Standortes Ludwigshafen in den Rhein bis zum Jahr 1989 zwischen 50 und 60 t/d. BASF war mit einem Anteil von ca. 6% an der Gesamtfracht im Rhein der größte punktuelle Einleiter für Ammonium. Ab Mitte der 1980er Jahre wurde von BASF intensiv nach Möglichkeiten gesucht, die Ammoniumbelastung des Rheins zu vermindern.

Auf der Basis einer detaillierten Bestandsaufnahme mit allen wesentlichen ammoniumhaltigen Abwasserströmen wurden für zahlreiche Produktionsanlagen Konzepte entwickelt, die Emissionen von Ammonium zu vermeiden und zu vermindern. In den Jahren von 1990 bis 1994 wurden am Standort Ludwigshafen insgesamt 60 Mio. € in Ammoniumminderungsmaßnahmen investiert. Mit diesen Maßnahmen konnte die Belastung des Rheins von ca. 60 t/d auf ca. 12 t/d reduziert werden, eine Minderung von 80%.

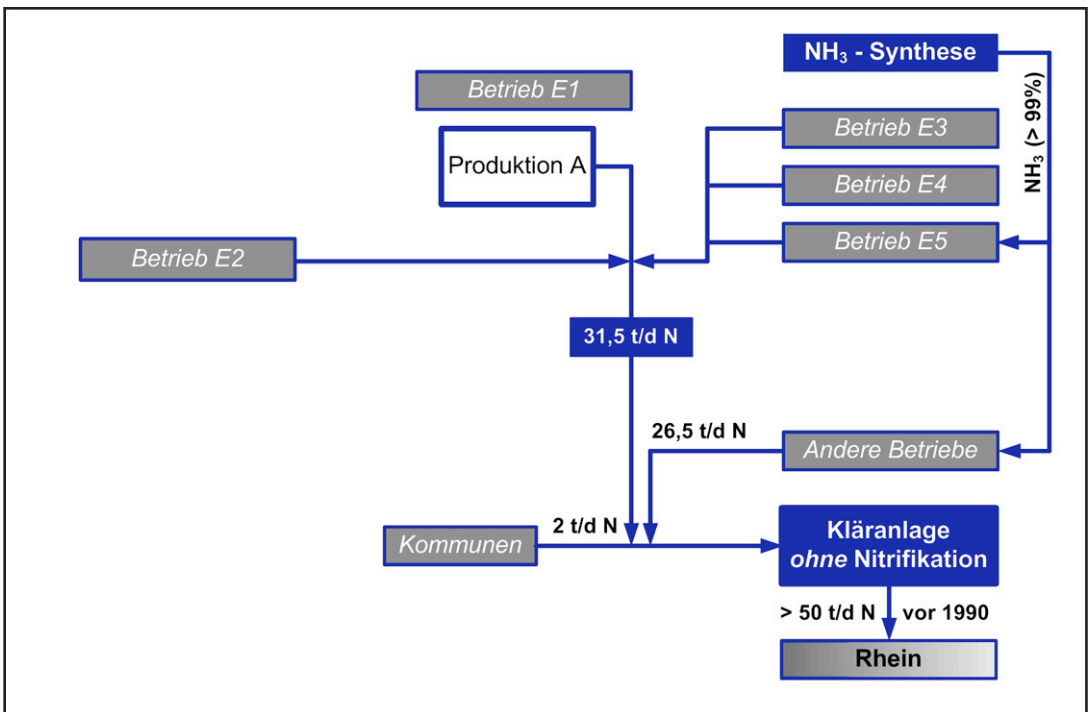


Abb. 4.8-7: Ammoniumstickstoff-Situation am Standort Ludwigshafen vor 1990.

Der Hauptanteil an dieser Minderung wurde durch Verfahren erreicht, mit denen Ammonium aus Abwässern mit einem Gehalt von 1 bis 5% NH_4^+ durch Wasserdampfstrippung oder Destillation über verschiedene Druckstufen zurück gewonnen wird. Damit können die Abwässer auf eine Konzentration von kleiner 100 mg/l abgereichert werden. Das aus dem Abwasser abgetrennte Ammonium wird sowohl als 25%ige wässrige Lösung oder nach Druckdestillation als reines flüssiges NH_3 gewonnen und in der Produktion als Rohstoff wieder eingesetzt.

In Abb. 4.8-7 ist die Emissionssituation vor 1990, also vor der Umsetzung der Ammoniumrückgewinnung durch Destillation dargestellt. Fünf Produktionsbetriebe (E1 bis E5) leiteten in Summe 31,5 t/d Ammoniumstickstoff in die Kläranlage und damit in den Rhein. Der Hauptteil dieser Menge entsteht in Betrieb E1 als Reaktionsprodukt. Durch den Bau einer zweistufigen Destillation mit den Druckstufen 4,5 bar und 12-14 bar im Betrieb E1 und der gemeinsamen Aufarbeitung der ammoniumhaltigen Ströme aus den fünf Betrieben konnte die Fracht zur Kläranlage und damit die Emission in den Rhein um 30,5 t/d auf weniger als 1 t/d gesenkt werden (Abb. 4.8-8).

Der zurück gewonnene Ammoniak wird als NH_3 flüssig in der notwendigen Reinheit über eine Rohrlei-

tung an die Betriebe V1 und V2 abgegeben und dort als Einsatzstoff verwendet. Damit verringerte sich der Bezug von Ammoniak aus der Ammoniaksynthese in diesen Betrieben um 30,5 t/d.

Diese vernetzte Ammoniumrückgewinnung und Wiederverwendung in der Produktion ist ein typisches Beispiel für die Vorteile des Verbundes in der BASF.

Die Rückgewinnung von Ammonium hat allerdings auch ihre Grenzen. So muss der zurück gewonnene Ammoniak bestimmte Reinheitsanforderungen konstant erfüllen, um in der Produktion als Rohstoff wieder eingesetzt werden zu können. Dies ist je nach Zusammensetzung der ammoniumhaltigen Ströme nicht immer möglich. Aus gering belasteten Abwasserströmen ist die Rückgewinnung des Ammoniaks ökonomisch nicht mehr vertretbar und auf Grund des hohen Energiebedarfs auch ökologisch nicht mehr sinnvoll. Für den Standort Ludwigshafen bedeutet dies, dass eine weitere Verminderung der Fracht zur zentralen Kläranlage auf unter 12 t/d durch Rückgewinnungsmaßnahmen bei der aktuellen Produktpalette nicht möglich ist. Für neue Abwässer aus der Produktion muss die Frage der Rückgewinnung in jedem einzelnen Fall untersucht werden.

Nach erfolgreicher Umsetzung der prozessnahen Maßnahmen zur Minderung von Ammonium in der Produktion hat sich BASF 1995 gegenüber dem Land

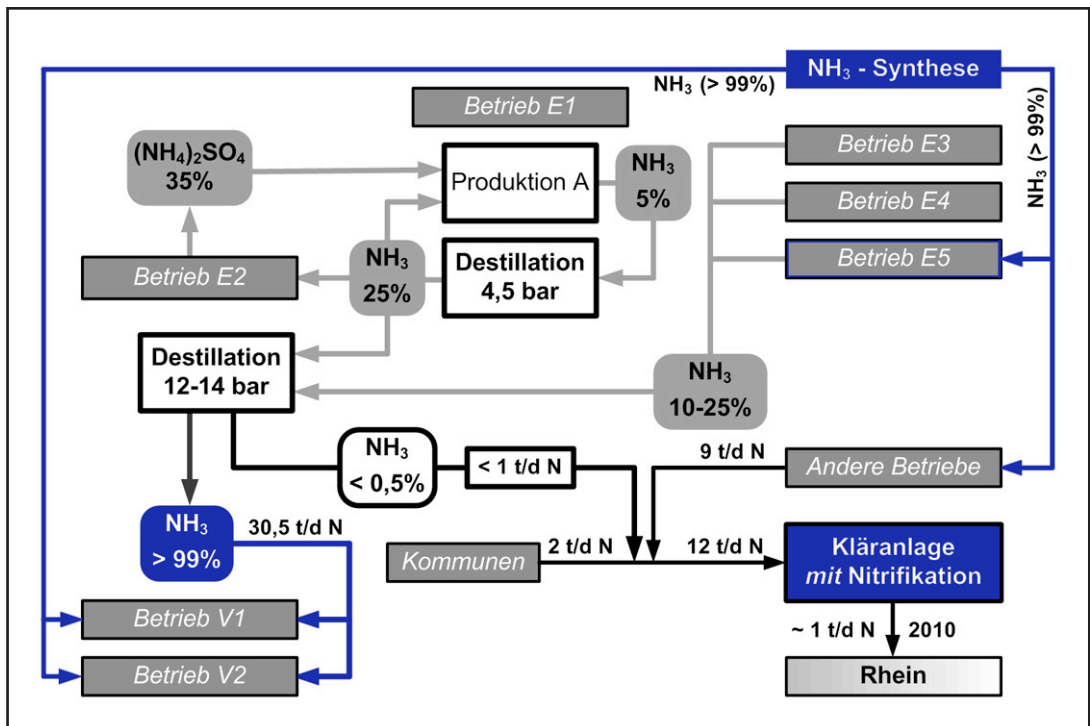


Abb. 4.8-8: Ammoniumstickstoff-Situation im Jahr 2010 am Standort Ludwigshafen (mit Ammoniak-Rückgewinnung und Nitrifikation/Denitrifikation in der zentralen Kläranlage).

Rheinland-Pfalz freiwillig verpflichtet, die Ammoniumemissionen in den Rhein durch den Umbau der zentralen Kläranlage von Denitrifikation auf Nitrifikation/Denitrifikation weiter zu reduzieren.

**Beispiel für eine End-of-Pipe Behandlung:
Zentrale Stickstoffelimination durch Nitrifikation/Denitrifikation in der Kläranlage der BASF Ludwigshafen**

Die zentrale Kläranlage der BASF am Standort Ludwigshafen wurde mit dem Verfahrensschritt Denitrifikation geplant und seit 1974 auch so betrieben. Bei diesem Schritt reduzieren die Bakterien im nicht belüfteten Teil der Belebungsbecken Nitratstickstoff zu elementarem Stickstoff, der gasförmig aus dem Abwasser entweicht. Kombiniert man in geeigneter Weise diesen Prozess mit der so genannten Nitrifikation, der biologischen Oxidation von Ammonium über Nitrit zu Nitrat, so kann dadurch auch Ammoniumstickstoff (über Nitratstickstoff) in elementarem Stickstoff überführt werden.

Um diesen Kombinationsprozess in der zentralen Kläranlage in Gang zu setzen wurde als Ergänzung zu dem vorhandenen Belüftungssystem mit Oberflächenbelüftern ein Begasungssystem mit reinem Sauerstoff installiert um den zusätzlichen Sauerstoffbedarf für die Oxidation von Ammonium zu Nitrat zu decken. Außerdem musste das Schlammalter erhöht werden, die Primärklärung optimiert, eine konstante ausreichende Versorgung der Biologie mit dem Nährstoff Phosphor sichergestellt, ein Regelungskonzept für die Sauerstoffversorgung entwickelt und gezielte Maßnahmen zur Verminderung nitrifikationshemmender Abwasserinhaltsstoffe durchgeführt werden, um nur die wichtigsten Maßnahmen zu nennen. Die Kosten für dieses Projekt lagen bei rund 15 Mio. €.

Nach Inbetriebnahme der Nitrifikation Ende 2001 ergab sich eine Verminderung der Ammoniumfracht von 10 bis 12 t/d (1995–2001) auf Werte von ca. 2 t/d, eine Minderung von mehr als 80% (siehe *Abb. 4.8-3c*). Durch weitere Optimierungen in den Folgejahren konnte die Emission in den Rhein bis auf Werte von ~1 t/d nochmals gesenkt werden. Vergleicht man diese Emission mit dem Wert von 60 t/d aus den 1980er Jahren so ergibt sich eine Minderung von mehr als 98%.

Eine Ammoniumminderung durch Nitrifikation allein, also ohne die dezentralen Rückgewinnungsmaßnahmen, wäre praktisch nicht möglich gewesen. Die vorhandenen Beckenvolumina hätten dazu bei weitem nicht ausgereicht. Eine Minderung der Ammoniumemissionen von 60 t/d auf 1 t/d allein durch dezentrale, produktionsnahe Rückgewinnungsmaßnahmen wäre ebenso unmöglich. Hier zeigt sich deutlich der Vorteil

einer ökonomisch und ökologisch sinnvollen Kombination von verschiedenen Verfahren zur Abwasserreinigung.

Zusammenfassung

Der verantwortungsvolle Umgang mit der Resource Wasser hat in der BASF einen hohen Stellenwert. Bei der Entwicklung und Herstellung unserer Produkte und bei der Abwasserreinigung werden effiziente Verfahren eingesetzt, die die Belastung des Vorfluters Rhein gering halten. Dies erreichen wir durch die Kombination von prozessintegrierten Techniken in der Produktion (vermeiden, vermindern und rückführen) mit dezentralen Abwasservorbehandlungen und einer nachgeschalteten zentralen Abwasserreinigung in der Kläranlage (End-of-pipe). Der Verbundstandort Ludwigshafen der BASF SE bietet dafür ideale Voraussetzungen.

Der Erfolg dieses Systems und seine ständige Optimierung wird an der Entwicklung der Abwassermenge sowie der Frachten von TOC, Ammonium-Stickstoff und EDTA beispielhaft gezeigt.

Die prinzipiellen Möglichkeiten und Verfahren zur Verminderung der Abwasserbelastung werden vorgestellt und anhand von realisierten Maßnahmen konkretisiert. Es wird je ein Beispiel für eine prozessintegrierte Maßnahme zur Abwasservermeidung, für eine Wertstoffrückgewinnung, für eine dezentrale Abwasservorbehandlung und für die zentrale Endbehandlung in der Kläranlage beschrieben.

Literatur

- SALING, KICHERER, DITTRICH-KRÄMER, WITTLINGER, ZOMBIK, SCHMIDT, SCHROTT, SCHMIDT (2002): "Eco-Efficiency Analysis by BASF: The Method". *Int J LCA* 7 (4) 203-218 (2002)
- KERN, ELENDD-SCHNEIDER, KICHERER (2006): „Produktionsorientierter Umweltschutz mit der BASF Ökoeffizienz-Analyse am Beispiel der Nitrifikation von Abwasser“. *Entsorga Magazin* (04/2006). 19-22.
- WIRSING, SÖRENSEN (2004): "Elimination von EDTA aus Industrieabwasser durch UV-Oxidation". *WWT*, Nr. 11-12 /2004. 54-55.

Dr. Erich Voelker

Gerhard Zimmer

Dr. Bernd Elendt-Schneider

BASF SE - 67056 Ludwigshafen,

gerhard.zimmer@basf.com