

UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Abschlussbericht

zum Vorhaben

S/1J71 HCl-Reinigung
NKa3 - 003652

Zuwendungsempfänger/-in

Wacker Chemie AG

Umweltbereich

Abwasser

Laufzeit des Vorhabens

Vom 15.03.2022 bis 30.06.2026

Autor/-en

Stephan Beutlhauser, Dr. Guido Kallinger, Dr. Tobias Kohler, Dr. Jürgen Küpfer, Ursula Nießen

**Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und
nukleare Sicherheit**

Datum der Erstellung

26.05.2026

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA: Nka3-003652	Projekt-Nr.: 3652
Titel des Vorhabens: HCl-Reinigung	
Autor/-en (Name, Vorname): Stephan Beutlhauser, Dr. Guido Kallinger, Dr. Tobias Kohler, Dr. Jürgen Küpfer, Ursula Nießen	Vorhabenbeginn: 15.03.2022
	Vorhabenende (Abschlussdatum): 30.06.2026
Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift): Wacker Chemie AG Gisela-Stein-Straße 1 81671 München	Veröffentlichungsdatum: 26.05.2026
	Seitenzahl: 20
Gefördert im Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit	
Kurzfassung (max. 1.500 Zeichen): Mit Hilfe eines patentierten zweistufigen Verfahrens zur Wäsche von HCl können siliziumorganische Verbindungen beim Produktionsprozess zur Herstellung von Siloxanen zurückgehalten werden und gelangen somit nicht ins Abwasser. Damit reduziert sich die organische Restfracht aus der Abwasserreinigungsanlage des Standortes in den Vorfluter erheblich.	
Schlagwörter: HCl-Reinigung, Siloxan, siliziumorganische Verbindung	

Report Coversheet

Reference-No. Federal Environment Agency: NKa3 - 003652	Project-No.: S/1J71
Report Title: HCl purification	
Author/Authors (Family Name, First Name): Stephan Beutlhauser, Dr. Guido Kallinger, Dr. Tobias Kohler, Dr. Jürgen Küpfer, Ursula Nießen,	Start of project: 15.03.2022
	End of project: 30.06.2026
Performing Organisation (Name, Address): Wacker Chemie AG Gisela-Stein-Straße 1 81671 München	Publication Date: 26.05.2025
	No. of Pages: 20
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Climate Action, Nature Conservation, and Nuclear Safety.	
<p>Summary (max. 1.500 characters):</p> <p>With the help of a patented two-stage process for washing HCl, organosilicon compounds can be retained during the production process for manufacturing siloxanes and thus do not enter the wastewater. As a result, the residual organic load discharged from the site's wastewater treatment plant into the receiving water is significantly reduced.</p>	
<p>Keywords:</p> <p>HCl purification, HCl cleaning, siloxan, organosilicon compounds</p>	

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	4
1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner.....	4
1.2. Ausgangssituation	4
2. Vorhabenumsetzung.....	5
2.1. Ziel des Vorhabens	5
2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)	6
2.3. Umsetzung des Vorhabens	8
2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)	10
2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten	10
2.6. Konzeption und Durchführung des Messprogramms.....	10
3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung.....	11
3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung	11
3.2. Stoff- und Energiebilanz.....	11
3.3. Umweltbilanz	12
3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse	13
3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren	13
4. Übertragbarkeit	14
4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung	14
4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts).....	15
4.3. Kommunikation der Projektergebnisse	15
5. Zusammenfassung/ Summary	16
6. Literatur	20
7. Anhang	20

1. Einleitung

1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner

WACKER ist ein global tätiges Unternehmen mit hoch entwickelten chemischen Spezialprodukten, die sich in unzähligen Dingen des täglichen Lebens wiederfinden. Die Bandbreite der Anwendungen reicht vom Fliesenkleber bis zum Computerchip. Das Unternehmen verfügt weltweit über 27 Produktionsstätten, 21 technische Kompetenzzentren und 46 Vertriebsbüros. Mit rund 16.000 Beschäftigten hat WACKER im Geschäftsjahr 2025 einen Jahresumsatz von rund 5,5 Mrd. € erwirtschaftet.

WACKER arbeitet in vier operativen Geschäftsbereichen. Die Chemiebereiche Silicones und Polymers bedienen mit ihren Produkten (Silicone, polymere Bindemittel) die Automobil-, Bau-, Chemie-, Konsumgüter- und Medizintechnikindustrie. Der Life-Science-Bereich Biosolutions ist auf biotechnologisch hergestellte Produkte wie Biopharmazeutika und Lebensmittelzusatzstoffe spezialisiert. Der Bereich Polysilicon stellt hochreines Polysilicium für die Halbleiter- und Photovoltaikindustrie her.

Das Vorhaben S/1J71 HCl-Reinigung ist angesiedelt im Geschäftsbereich WACKER Silicones und wurde ausgeführt am Standort Burghausen.

Der Geschäftsbereich Silicones bietet die breiteste Produktpalette des Unternehmens. Aus den beiden Rohstoffen Siliciummetall und Methanol werden über 2.800 Siliconprodukte in sieben Produktgruppen produziert, darunter Silane, Siloxane, Siliconöle, Siliconemulsionen, Siliconelastomere, Siliconharze und Kieselsäuren. Silicone besitzen eine Vielzahl chemischer, mechanischer und haptischer Eigenschaften, die sich ganz gezielt einstellen und immer wieder neu kombinieren lassen. Silicone sind extrem langlebig, widerstandsfähig, wasserabweisend und UV-stabil. Als Werkstoffe sind sie in alltäglichen Anwendungen genauso unverzichtbar wie für die Entwicklung innovativer und neuer Technologien.

Der Geschäftsbereich Silicones, weltweit die Nummer zwei, nimmt in Europa die führende Marktposition ein. Bei Siliconen für den Bautenschutz ist WACKER Weltmarktführer. Silicone kommen aufgrund ihrer vielfältigen Produkteigenschaften in allen wichtigen Industrien zum Einsatz und leisten einen wertvollen Beitrag zu einer nachhaltigen Transformation der Mobilität, Energieversorgung und Digitalisierung.

Im Geschäftsjahr 2025 erwirtschaftete WACKER Silicones einen Jahresumsatz von 2,7 Mrd. €.

1.2. Ausgangssituation

Bei der Herstellung von Silicon Produkten reagieren Silane mit Wasser zu Grundstoff-Polymeren (Polydimethylsiloxan), aus denen in weiteren Verfahrensschritten die Endprodukte, die WACKER Silicone entstehen. Dabei treten unvermeidbare Hydrolyseprozesse auf, bei welchen als Nebenprodukte kurzkettige Siloxane sowie unterschiedliche Silane und Silanole entstehen. Entsprechend ihrer Löslichkeit werden diese siliziumorganischen Nebenprodukte

bei Kontakt von Wasser aufgenommen. Abwasser aus den Reaktions- und Waschprozessen der Silicone Herstellung führt damit lösliche siliziumorganische Verbindungen mit sich, die über den organischen Abwasserkanal der zentralen Abwasserreinigungsanlage zugeführt werden. Den größten Anteil an diesen Verbindungen bilden die sehr gut löslichen Silanole.

Die siliziumorganischen Verbindungen stören die Abbauleistung von biologischen Kläranlagen nicht, werden aufgrund ihrer chemischen Stabilität jedoch selbst biologisch nur sehr schlecht abgebaut. Die Folge ist, dass die im Abwasser gelösten siliziumorganischen Verbindungen in der zentralen Abwasserreinigungsanlage des Standortes Burghausen nicht vollständig zurückgehalten werden und schließlich stark verdünnt in den Vorfluter gelangen.

Aufgrund des großen Ablaufvolumenstroms der Abwasserreinigungsanlage ist eine nachgeschaltete physikalische Abtrennung mit verhältnismäßigen Mitteln technisch nicht realisierbar. Es ist eine technische Lösung zur Vermeidung des Eintrags an der Quelle erforderlich.

Die Wacker Chemie AG beschäftigte sich schon seit einigen Jahren mit der Abtrennung bzw. Rückhaltung dieser siliziumorganischen Stoffe aus dem Abwasser. Inzwischen ist dabei ein Durchbruch gelungen. Es wurde konzernintern ein Verfahren entwickelt, das diese Verbindungen schon in der Produktionsanlage am Ort der Entstehung aus dem Prozess eliminieren und damit den Eintrag ins Abwasser verhindern kann.

Nachhaltigkeit ist eines der unternehmerischen Ziele der Wacker Chemie AG. Dazu gehört die kontinuierliche Verbesserung der Umweltleistung und die systematische Suche nach geeigneten technischen Maßnahmen zur Senkung unseres ökologischen Fußabdrucks. Die verantwortliche und nachhaltige Nutzung der Ressource Wasser ist für WACKER von zentraler Bedeutung. Wichtiger Teil unseres Wassermanagements ist die Identifizierung von Abwasserteilströmen mit schwer abbaubaren Frachten, um die Entwicklung von Prozessänderungen oder geeigneten Vorbehandlungen anzustoßen und die Stofffrachten zu reduzieren. Die Reduzierung der organischen Restfracht im Abwasser durch das prozessintegrierte Verfahren zur Wäsche von HCl gehört zu den wichtigsten Umweltzielen an unserem Standort Burghausen.

2. Vorhabenumsetzung

2.1. Ziel des Vorhabens

Im gültigen Abwasserrechtsbescheid für den Standort Burghausen sind keine expliziten Einleitbestimmungen bzw. Überwachungswerte für siliziumorganische Verbindungen im Abwasser der biologischen Abwasserreinigungsanlage (BARA) festgesetzt. Die Einleitung dieser Stoffe wird nach den Vorgaben des Anhang 22 der Abwasserverordnung über den Summenparameter TOC (gesamter organischer Kohlenstoff) überwacht, in welchen die Frachten der siliziumorganischen Verbindungen mit eingehen. Die organische Restfracht im Ablauf der BARA wird dauerhaft durch Online-TOC-Messung und TOC-Laboranalyse einer täglichen 24-

Std-Mischprobe kontrolliert.

Aufgrund der vorliegenden hohen Verdünnung können die siliziumorganischen Verbindungen im Ablauf der Abwasserreinigungsanlage mittels gängiger Abwasser-Analytikmethoden nicht verlässlich bestimmt werden. Möglich ist dies jedoch direkt in den Betriebsabwässern, in welchen die Frachten für eine quantitative Analyse ausreichend groß sind. Vor Umsetzung der Maßnahme wurden ca. 150 to/Jahr an wasserlöslichen siliziumorganischen Verbindungen mit dem Abwasser des Methanolysebetriebs E2 über das Kanalsystem in die zentrale Abwasserreinigungsanlage am Standort Burghausen eingeleitet.

Ziel der Maßnahme war es, mit dem neuen Verfahren ca. 90 %, d. h. ca. 135 to/Jahr der siliziumorganischen Verbindungen aus dem Prozessabwasser des Methanolysebetriebs E2 zurückzugewinnen. Umgerechnet auf den TOC entspricht dies einer Menge von ca. 40 to/Jahr. Dies sind ca. 35 % der im betrieblichen Abwasserteilstrom der E2 enthaltenen TOC - Fracht.

Das Vorhaben ist neutral in der CO₂-Bilanz. Es dient vollständig der Verbesserung der Abwasserqualität am Standort Burghausen.

Mit dem Betrieb der neuen HCl-Wäsche wurde in der Planung ein Mehrbedarf an Dampf, Kühlwasser und elektr. Energie abgeschätzt. Dieser resultiert hauptsächlich aus Veränderungen, welche sich mit dem Betrieb des neuen Chlormethanwäschers ergeben. Die Auslegung prognostizierte dabei einen Bedarf von ca. 12 % des an der Chlormethananlage produzierten Chlormethans als Waschmedium. Zum Ausgleich dieses Verbrauches rechnete man daher mit einer um 12 % höheren Chlormethanproduktion durch die Chlormethananlage. Im Betrieb Methanolyse wurde deshalb beim Dampf mit 8 %, beim Kühlwasser mit 7% und bei der elektr. Energie mit 6 % Mehrbedarf gerechnet. In Summe wurden dadurch etwas höhere Betriebskosten erwartet.

An der C7KW-Destillation ergab die Prognose einen Anfall von ca. 20 kg/h an C7-Kohlenwasserstoffen. Sie werden in der Rückstandsverbrennungsanlage (RVA) des Standorts Burghausen verwertet. Letztere nutzt die Verbrennungswärme zur Erzeugung von Betriebsmitteldampf für das Werksnetz.

2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Grundstoff für fast alle WACKER Silicone ist ein farbloses, geruchloses Öl, das sogenannte Siloxan. Es trägt als Zentralatom ein Silizium und unterscheidet sich deshalb hinsichtlich seiner Eigenschaften und seiner Verwendung grundsätzlich von mineralischen Ölen.

Die Herstellung von Siloxan durchläuft einen mehrstufigen Prozess. Abwasserrelevant sind dabei die Hydrolyse und die Chlormethansynthese (MeCl Reaktion). Beide Verfahren sind eng aneinandergeschlossen.

In der Hydrolyse wird Dimethyldichlorsilan (M2-Silan) zu Siloxan (Sx) verarbeitet. Die Chlormethansynthese nimmt den dabei freiwerdenden Chlorwasserstoff auf und setzt ihn, zusammen mit Methanol und weiteren Chlorwasserstoffströmen, zu Chlormethan (MeCl) um. Chlormethan geht als Rohstoff zurück in die Silansynthese, welche zusammen mit dem Rohsilizium wieder M2-Silan bildet.

Der Prozess der Chlormethansynthese selbst gehört zu den komplexesten Produktionsverfahren der WACKER Silicone. Sein Abwasser setzt sich zusammen aus Reaktionswasser und verschiedenen Waschwasserströmen. Die Siliziumorganischen Verbindungen aus dem Abwasser der Chlormethananlage stammen zu 100 % aus mitgeführter Siliziumorganik des Chlorwasserstoffs der Hydrolyse.

Das umgesetzte Vorhaben der HCl-Reinigung hat das Ziel diese Siliziumorganik aus dem Chlorwasserstoff der Hydrolyse in einem neuen, zweistufigen Prozess abzutrennen:

- a) Eine Silanwäsche trocknet den Chlorwasserstoff.
- b) Eine Chlormethanwäsche kondensiert bei Temperaturen von unter $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ die Siliziumorganik aus dem Chlorwasserstoff.

Die Waschmedien werden, zusammen mit den herausgelösten siliziumorganischen Verbindungen, vollständig in die Hydrolyse/Chlormethansynthese zurückgeführt. Im Produktkreislauf Hydrolyse/Extraktion reichern sich mit der Rückführung speziell C7-Kohlenwasserstoffe (KW) an. Sie müssen abgetrennt werden, um die Prozesse der Sx-Anlage nicht zu stören. Die Abtrennung erfolgt mittels der im Schema dargestellten KW-Destillation.

Die abgetrennten C7KWs werden zunächst in einen neu errichteten Puffertank gepumpt. Eine thermische Verwertung erfolgt anschließend in der Verbrennungsanlage. Diese wurde um eine geeignete Brennerstrecke erweitert, um die KWs übernehmen zu können. Eine schematische Übersicht des Gesamtprozesses ist in Abbildung 1 dargestellt.

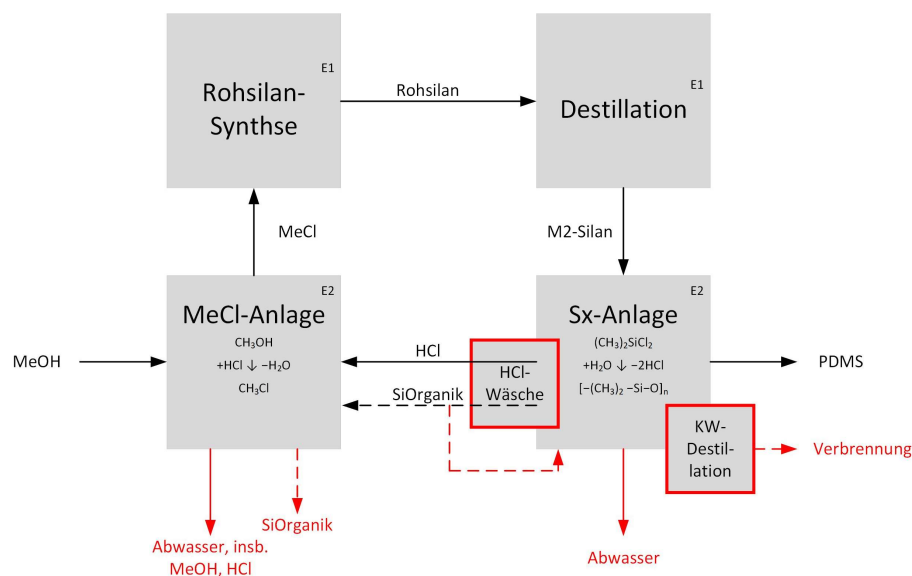


Abbildung 1: Prozessschaubild

Eckdaten des Vorhabens:

Bei dem Vorhaben handelt es sich um die Errichtung einer neuartigen Chlormethan- (HCl-) Reinigung im sogenannten Methanolyse-Betrieb am WACKER Standort Burghausen (Deutschland, Bayern). Der Betrieb ist in der Upstream-Produktion des Geschäftsbereichs Silicones der Wacker Chemie AG angesiedelt. Die Methanolyse beinhaltet im Wesentlichen eine Siloxan(Sx)-Anlage, in der das verunreinigte HCl bei der Hydrolyse anfällt, und eine Methylchlorid(MeCl)-Anlage, in der dieses HCl zusammen mit Methanol als Edukt bei der MeCl-Herstellung verwendet wird.

Die Errichtung der HCl-Reinigung war ein umfangreiches Anlagenbauvorhaben, das verschiedene technische Disziplinen umfasste (z.B. Verfahrenstechnik, Elektrotechnik, Sicherheit, Bauwesen, Montage, etc.), in aufeinanderfolgenden Projektphasen (Feasibility Study, PreBasic Engineering, Basic Engineering, Detail Engineering, Construction, Commissioning) umgesetzt wurde und Neuerrichtungen wie auch Änderungen an bereits im Betrieb befindlichen Bestandsanlagen beinhaltete. Die Errichtung wurde in der Organisationsstruktur der Wacker Chemie AG als Projekt abgewickelt mit Eigenleistungen sowie weitreichender Einbeziehung externer Lieferanten und Dienstleister.

Der Projektumfang beinhaltet die Beschaffung der Equipments, Montagetätigkeiten, Planung und Inbetriebnahme. Ebenfalls enthalten, jedoch separat ausgewiesen, sind die Kosten für die erforderliche bauliche Anlagenerweiterung zur Aufstellung des Equipments.

2.3. Umsetzung des Vorhabens

Wie unter Punkt 2.2 erläutert, erfolgte die Abwicklung des Projektes in unterschiedlichen Projektphasen: Feasibility Studie, PreBasic Engineering, Basic Engineering, Detail Engineering, Construction und Commissioning. Aufgrund der Vielschichtigkeit des Projektumfanges: HCl-Reinigung, C7KW-Destillation, kam es in der Abwicklung zu einer Überlappung der dargestellten Planungsphasen.

Im Rahmen des Feasibility Studie wurden die groben Massen und Energiebilanzen für die Prozessschritte ermittelt. Im PreBasic Engineering erfolgte die Detaillierung der Ergebnisse der Feasibility Studie sowie die Bearbeitung des Verfahrensfließbildes mit dem Fokus auf der Auslegung der Hauptapparate (Silan-Trocknungskolonnen und MeCl-Reinigungskolonnen sowie C7KW Kolonne). Zusätzlich stand die Auswahl der Werkstoffe für die jeweiligen Prozessschritte und Rohrleitungen im Fokus des Engineerings.

Im Basic Engineering wurde die Regelungstechnik und Rohrleitungsführung für den im Verfahrensfließbild ermittelten Prozess festgelegt. Zusätzlich erfolgte die detaillierte Sicherheitsbetrachtung der Anlagen. Die 3D-Planung der Verrohrung sowie Kabeltrassen und die Detailplanung der Stromlaufpläne erfolgte im Detail Engineering. In der Abbildung 2 ist ein Ausschnitt des 3D Modells während des Detail Engineering dargestellt:

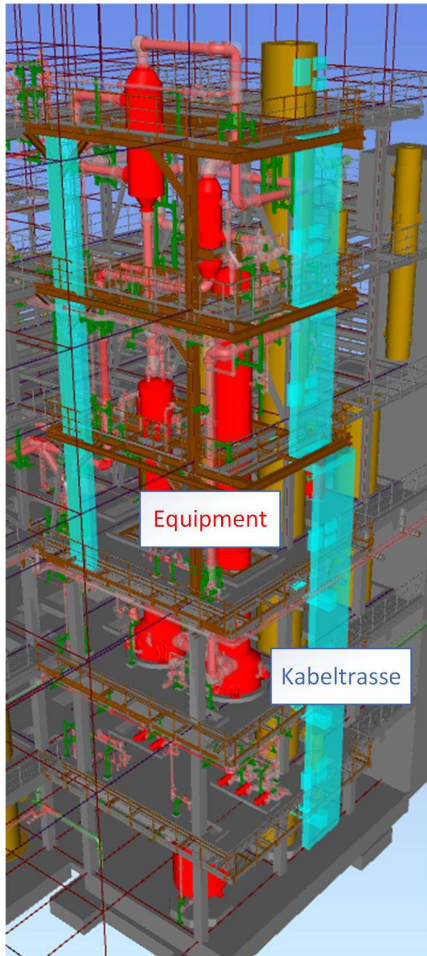


Abbildung 2: 3D Modell Status Detail Engineering



Abbildung 3: HCl-Reinigung nach Montage

Die Montage erfolgte gestaffelt und teils bereits parallel zum Detail Engineering, da Synergien im Baubereich zu einem parallelaufenden Projekt genutzt wurden. Zunächst wurden die Bautätigkeiten für den östlichen Gebäudeteil, welcher als Aufstellungsort für die C7KW Destillation dient, durchgeführt. Im Anschluss daran, wurde der neue Nordanbau für die Montage der HCl-Reinigung errichtet.

Bei beiden Teilen handelt es sich hauptsächlich um Stahlbau + Gitterrostbühnen. Im Anschluss an die jeweilige Bautätigkeit wurden die Hauptequipments (Kolonne/ Wärmetauscher) systematisch montiert. Die Montage der Kolonnen erfolgt hierbei vor Ort in mehreren Schüssen. Nach Fertigstellung der Equipmentmontagen erfolgte die Rohrleitungsmontage sowie teils parallel hierzu die Verkabelung / elektrotechnischen Montagen.

In Abbildung 3 ist die fertig montierte Anlage, welche in Abbildung 2 als 3D Modell dargestellt ist, zu sehen.

Die Inbetriebnahme erfolgte, wie der Bau sequenziell.

Im ersten Schritt wurde die C7KW Destillation schrittweise in Betrieb genommen. Im nächsten Schritt erfolgte die schrittweise Inbetriebnahme der HCl-Reinigung. Zunächst wurde der Silan-Trockner ohne HCl-Abgas in Betrieb genommen. Im Anschluss wurde der MeCl-Reiniger zugeschaltet. Im Letzten Schritt wurde schrittweise die HCl-Zufuhr und somit die Reinigung gestartet.

2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Der Anlagenumbau erforderte folgende behördliche Genehmigungen und Nachweise:

- Bundes-Immissionsschutzgesetz §§4 Abs. 1 und 16 Abs. 1
- Bayrische Bauordnung Art. 55 Abs. 1 i. V. m. Art 68

Des Weiteren wurde die Errichtung einer neuen AwSV Anlage beantragt, welche eine Prüfung nach §46 Abs. 2 AwSV erfordert.

2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Zur Erfolgskontrolle werden die Frachten der Betriebsabwässer vor und nach dem Projekt gemessen und sind Bestandteil des regelmäßig überwachten Abwasserkatasters.

Die Minderung der Fracht im Ablauf BARA wird dauerhaft kontrolliert: Online-TOC-Messung und Laboranalyse einer täglichen 24-Std-Mischprobe (u.a. TOC).

2.6. Konzeption und Durchführung des Messprogramms¹

TOC-Frachten am Ablauf der Anlage E2:

Das betriebliche Abwasser der Anlage E2 ist im Abwasserkataster der Wacker Chemie AG dokumentiert. Eine messtechnische Aufnahme der wesentlichen Abwasserkennzahlen (Volumenstrom, Abwasserfrachtparameter) erfolgte im Jahr 2021. Für eine messtechnische Aufnahme ist eine umfangreiche manuelle Probenserie mit analytischen Laboruntersuchungen (Offline-Messung) an den einzelnen Teilströmen der Anlage verbunden.

Nach Inbetriebnahme und bei stabilem Betrieb der HCl-Reinigung wurde eine erneute messtechnische Aufnahme des betrieblichen Abwassers im Q1/2025 durchgeführt.

Zusätzlich wurde im Zuge der Berichterstattung auf betriebliche Online-Abwasseruntersuchungen im Sammelstrom zurückgegriffen. Aus den Onlinewerten kann ein proportionaler, rechnerischer TOC-Wert am Ablauf der Anlage E2 ermittelt werden.

3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung

Die Planung sowie Umsetzung der Anlage erfolgten ohne unerwartete Schwierigkeiten. Die Hauptschwierigkeiten traten in der Inbetriebnahme Phase auf. Hier kam es zu vermehrten Leckagen im Tieftemperaturbereich der Anlage sowie zu unerwarteten Abgasströmen. Eine detaillierte Übersicht dieser Probleme kann Abschnitt 4.1 entnommen werden.

Die Anlage wurde im Juni 2024 erstmalig in Betrieb genommen. Im März 2025 wurde die Inbetriebnahme vollständig abgeschlossen und die Anlage ging in den Dauerbetrieb über. Die Restarbeiten (Rohrleitungsmarkierung, Umbau Abgassystem) wurden im August 2025 abgeschlossen.

3.2. Stoff- und Energiebilanz

Anlage E2 im Jahr 2021 (Rohabwasser):

TOC-Fracht im Betriebsabwasser aus messtechnischer Aufnahme gemäß Abwassererklärung Anlage E2 (Offline-Messungen): ca. 113 t/a

Anlage E2 mit HCl-Wäsche im Jahr 2025 (Rohabwasser):

TOC-Fracht im Betriebsabwasser aus messtechnischer Aufnahme gemäß Abwassererklärung Anlage E2 (Offline-Messungen): ca. 52 t/a

Ergebnis:

- Die TOC-Fracht der Anlage E2 ist durch den Betrieb der HCl-Reinigung signifikant gesunken. Messtechnische Daten belegen eine TOC-Frachtminderung im betrieblichen Abwasser der Anlage um absolut > 50%. Unter der Berücksichtigung, dass die Produktionsmenge an Methylchlorid und somit auch am Endprodukt Siloxan 2025 etwas geringer war als im Jahr 2021, ergibt sich eine relative Reduzierung der TOC-Fracht von ca. 47,5 % und liegt damit deutlich über dem erwarteten Wert von 35%.
- Schwankungen sind sowohl messtechnisch bedingt, aber auch abhängig von der Produktionsmenge Methylchlorid, bzw. dem Endprodukt Siloxan.

In der folgenden Tabelle ist in der rechten Spalte der Verlauf der TOC-Fracht im Ablauf der zentralen biologischen Abwasserreinigung (BARA) seit 2021 dargestellt. Dieser Messwert ergibt sich aus allen in die Kläranlage einleitenden Betriebe.:

Jahr	TOC-Fracht im Betriebsabwasser E2 (Zulauf		TOC-Fracht im Ablauf der BARA t/a
	Online-Messung t/a	Offline-Messung t/a	
2021	94	113	221
2022	70	keine Messung	177
2023	66	keine Messung	138
2024	40	keine Messung	140
2025	23	52,0	138

Tabelle 1: Übersicht TOC-Frachten im Betriebsabwasser E2 und im Ablauf der BARA

In der linken und mittleren Spalte ist die TOC-Fracht im Betriebsabwasser E2 dargestellt. Dieses Betriebswasser stellt einen von vielen anderen Zuläufen zur BARA dar.

Hinweis: Im Jahr 2024 wurden wesentliche Anlagenteile der biologischen Abwasserreinigungsanlage (BARA) umgebaut. Dies machte eine Anpassung der Fahrweise und Prozesssteuerung der BARA erforderlich, was bis dato noch nicht komplett abgeschlossen ist. Die für das Jahr 2024 und aktuell für 2025 vorliegenden Ablaufwerte der BARA liefern deshalb noch keine valide Datenbasis für die Quantifizierung der durch den Betrieb der HCl-Reinigung erzielten standortweiten TOC-Frachtminderung.

Da die TOC-Werte Schwankungen aus verschiedenen Einflüssen des Werksabwassers, z.B. Produktionsauslastung, Effizienz von zentralen Vorbehandlungen, Schlammaktivität unterliegen, ist ein längerer Betrachtungszeitraum erforderlich.

Im 1. Halbjahr 2025 sind bereits Zeiträume zu verzeichnen, in denen die TOC-Konzentration anhaltende TOC-Minimumwerte erreicht. Ziel des Anlagenbetriebs der Abwasserreinigung ist, diese niedrigen Werte durchgängig zu erreichen.

3.3. Umweltbilanz

Der unter 2.1 abgeschätzte Betriebsmittelmehrverbrauch ist so nicht eingetreten. Zum einen (a) ist für den Betrieb des MeCl-Wäschers wesentlich weniger Wasch-MeCl notwendig, als prognostiziert. Zum anderen (b) konnte mit der Hochrüstung des Kondensationssystem der MeCl-Reaktoren nicht nur die erzielte Leistungssteigerung umgesetzt werden; es wurde auch der Tröpfchenmitriss sehr stark reduziert. Damit konnten gleich an mehreren Stellen der MeCl-Anlage wesentliche Betriebsmitteleinsparungen umgesetzt werden.

Zu a) Anstatt den vorberechneten ca. 12 % Flüssig-MeCl-Einsatz im Verhältnis zur MeCl-Produktion begnügt sich der Prozess mit lediglich ca. 6 %. Damit reduziert sich der prognostizierte Betriebsmittelmehrverbrauch um 50 %

Zu b) Der Dampfverbrauch an den MeCl-Reaktionskolonnen und der MeOH-Rückgewinnung

reduzierte sich bei durchschnittlicher Auslastung um ca. 6,6%, der Kühlwasserverbrauch um ca. 1,4%.

In Summe kann der Effekt aus b) den Effekt aus a) überkompensieren, so dass es bei Betrieb der HCl-Wäsche in Summe zu einer Betriebsmitteleinsparung kommt.

3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse

Das vorliegende Projekt diene ausschließlich der nachhaltigen Sicherung der Grundstoffproduktion im Geschäftsbereich Silicone. Mit der Herstellung von Siloxan und dem Koppelprodukt Chlormethan, am Standort Burghausen, ist ein jährlicher Umsatz von > 1.000 Mio. € verbunden. Dieses Volumen gilt es zu sichern.

Kosteneinsparungen in den ersten fünf Jahren im betroffenen Betrieb spielten daher für das Projekt keine Rolle. Im Gegenteil: Es ergeben sich sogar geringfügige Kostensteigerungen bei u.a. Technischem Aufwand und Personal. Ein leichter Anstieg der Fertigungskosten für Siloxan wird hingenommen.

Die Errichtung der HCl-Reinigung in der Methanolyse im Werk Burghausen ist nicht wirtschaftlich darstellbar. Zusätzlich zu den sehr hohen Investitionskosten, ergeben sich höhere Betriebskosten, denen keine unmittelbaren Mehrerträge gegenüberstehen. Die Errichtung ergibt sich vielmehr aus den übergeordneten Konzernzielen zu Nachhaltigkeit, Umweltschutz und Verantwortung für die Zukunft.

Aufgrund der schlechten Abbaubarkeit von siliziumorganischen Verbindungen in der Umwelt ist davon auszugehen, dass zukünftig auch bei anderen Siloxanproduzenten zusätzliche Maßnahmen zur weitgehenden Reduzierung dieser Stoffe im Abwasser notwendig werden, z.B. aufgrund behördlicher Forderungen. Das von WACKER entwickelte Verfahren zur prozessintegrierten Abtrennung bietet für jeden Siloxanhersteller die wirtschaftlich wie auch ökologisch nachhaltigste technische Lösung dieser Anforderung.

3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Bislang hat man sich bei der Abtrennung der wasserlöslichen siliziumorganischen Verbindungen aus dem Abwasser mit Techniken beschäftigt, welche bereits im Abwasser befindliche Siliziumorganik entfernen sollen. Diese Techniken reichen jedoch für die geforderte Wirksamkeit nicht aus.

Zur Entfernung von siliziumorganischen Verbindungen aus dem Betriebsabwasser wurde 2005 von WACKER am Standort Nünchritz ein Verfahren der Ozonisierung untersucht. Bei diesem Verfahren erfolgt der Abbau von biologisch schwer abbaubaren Verbindungen durch radikalische Oxidation mit dem starken Oxidationsmittel Ozon O₃. Es stellte sich heraus, dass

die Ozonierung aufgrund des sehr niedrigen pH-Werts nicht direkt im Betriebsabwasser angewendet werden kann. Die Ozonierungsanlage wurde daraufhin in den pH-neutralen Gesamtabwasserstrom vor dem Abwasserausgang des Werkes Nünchritz verortet. Die Ozonierung kann an dieser Stelle eingesetzt werden, ist aufgrund der starken Verdünnung und folglich sehr geringen Konzentration an Siliziumorganik in der Wirkung stark limitiert. Der mit diesem Verfahren zu erzielende Effekt, zum Abbau der siliziumorganischen Verbindungen, liegt bei max. 50 % der Ausgangskonzentration der Siliziumorganik im Abwasser und somit deutlich unter dem mit der HCl-Reinigung erzielbaren Abreinigungseffekt.

Im vorliegenden Verfahren der HCl-Reinigung wird verhindert, dass Siliziumorganik mit dem Wasser/Abwasser der Chlormethananlage überhaupt in Berührung kommt und Siliziumorganik in das Abwasser gelangen kann. Der als Edukt in die Chlormethananlage zugeführte Chlorwasserstoff wird in einem zweistufigen Waschprozess gereinigt. Damit konnte ein Abreinigungseffekt von > 90 % der Ausgangskonzentration der Siliziumorganik im Abwasser erreicht werden. Das umgesetzte Verfahren ist damit konventionellen Verfahren deutlich überlegen.

4. Übertragbarkeit

4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Die Inbetriebnahmen der HCl-Reinigung und C7KW Destillation konnten alle unfallfrei und innerhalb der geplanten Termin-/ und Kostenrahmen durchgeführt werden. Einige wenige Probleme von geringfügiger Bedeutung kamen dennoch vor, welche in Zukunft bei weiteren Umsetzungen berücksichtigt werden sollten:

C7KW Destillation:

1. Verstopfung Mischwasserdüsen: Zum großflächigen Niederschlag des im Prozess entstehenden Abgases wird im System mittels Sprühdüse Wasser dosiert. Die feinporige Düse verstopfte hierbei regelmäßig. Die Montage eines zusätzlichen Filters in der Wasserleitung beseitigte dieses Problem
2. Niederschlag von saurem Abgas in Abgasleitung: Das Prozessabgas wurde zunächst direkt in einer begleitbeheizten Abgasleitung der thermischen Verwertung zugeführt. In dieser Leitung wurde trotz Begleitheizung Kondensatbildung festgestellt. Um die Leitung vor Korrosion durch stehendes Abgaskondensat zu schützen, wurde die Einbindung der Abgasleitung verändert. Nun bindet sie, wie viele weitere Betriebsabgase zunächst vor einem Betriebs-Siloxanwäscher ein, wodurch die sauren Restbestandteile aus dem Abgas entfernt werden

HCL-Reinigung:

Die Inbetriebnahme der Reinigung erfolgte zunächst ohne Probleme. Mit laufender Zeit kam es jedoch vermehrt zu Undichtigkeiten in dem Rohrleitungssystem, welches hauptsächlich aus Stahl/E-Mail-Rohrleitungsteilen besteht. Diese Undichtigkeiten traten vor allem im Bereich der Tieftemperaturen (-30°C) auf. Nach Rücksprache mit den Rohrleitungsherstellern wurden alle Rohrleitungen erneut auf Umgebungstemperatur erwärmt und neu nach Vorgaben nachgezogen. Nach erneutem Kaltfahren wurden die Drehmomente an den Flanschen kontrolliert. Seitdem kam es zu keinen weiteren Leckagen im System. Das mehrfache Nachziehen auch bei Kaltgehenden Leitungen wurde als Lessons Learned fixiert.

4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts)

Die globale Produktion an Siloxan, dem für die Silicone-Industrie zentralen Vorprodukt, liegt in der Größenordnung 3.000kt/a und wächst mit ca. 5% jährlich.

Jeder Siliconhersteller könnte dieses Verfahren für die Teilprozesse Hydrolyse und Chlormethansynthese nutzen und somit seine Abwasserqualität steigern.

4.3. Kommunikation der Projektergebnisse

Neben dem öffentlich zugänglichen Patent „Verfahren zur Reinigung von verunreinigtem, gasförmigen Chlorwasserstoff“ wird das Unternehmen bei erfolgreicher Umsetzung des Verfahrens verschiedene Wege der Veröffentlichung wählen.

- Zum einen wird das Projekt im nächsten Konzern-Nachhaltigkeitsbericht international vorgestellt werden.
- Darüber hinaus wurde das Projekt im Umweltbericht des Standorts Burghausen vorgestellt.
- 14. Juli 2025: Wissenschaftlich orientierter Vortrag vor Fachpublikum während der European Silicone Days in Salzburg
- Auch beim Tag der offenen Tür des Standorts Burghausen am 20. September 2025 wurde das Projekt inhaltlich aufgegriffen und den Besuchern vorgestellt werden.

5. Zusammenfassung/ Summary

– Einleitung/Introduction

Kurzbeschreibung des Unternehmens/ Brief description of the company:

WACKER ist ein weltweit tätiges Chemieunternehmen mit rund 16.000 Mitarbeitenden und einem Jahresumsatz von 5,5 Mrd. € im Jahr 2025. Das Unternehmen gliedert sich in vier Geschäftsbereiche: Silicones, Polymers, Biosolutions und Polysilicon. Das Projekt S/1J71 HCl-Reinigung wurde im Geschäftsbereich WACKER Silicones am Standort Burghausen durchgeführt. WACKER Silicones bietet eine breite Produktpalette und ist in Europa Marktführer und weltweit die Nummer zwei. Im Jahr 2025 erzielte der Bereich einen Umsatz von 2,7 Mrd. €. Silicone von WACKER finden in zahlreichen Industrien Anwendung und tragen zur nachhaltigen Entwicklung bei.

WACKER is a globally active chemical company with around 16,000 employees and annual sales of €5.5 billion in 2025. The company is divided into four business segments: Silicones, Polymers, Biosolutions, and Polysilicon. The project S/1J71 HCl purification was carried out in the WACKER Silicones business segment at the Burghausen site. WACKER Silicones offers a broad product range and is the market leader in Europe and number two worldwide. In 2025, the segment achieved sales of €2.7 billion. WACKER silicones are used in numerous industries and contribute to sustainable development.

Ausgangssituation in Bezug auf das Vorhaben/ Initial situation in relation to the project:

Bei der Herstellung von Siliconen entstehen durch Hydrolyseprozesse siliziumorganische Nebenprodukte, die als gelöste Verbindungen ins Betriebsabwasser gelangen. In der nachgeschalteten zentralen Abwasserreinigungsanlage des Standortes Burghausen sind diese Nebenprodukte nur schwer biologisch abbaubar. Eine nachträgliche physikalische Abtrennung ist mit verhältnismäßigen Mitteln technisch nicht umsetzbar. Daher wurde ein neues, prozessintegriertes Verfahren entwickelt, das diese Stoffe bereits in der Produktionsanlage zurückgewinnt und so den Eintrag ins Abwasser verhindert. Die Maßnahme trägt zur Verbesserung der Umweltleistung und zur nachhaltigen Nutzung der Ressource Wasser am Standort Burghausen bei.

During the production of silicones, organosilicon by-products are formed through hydrolysis processes, which enter the process water as dissolved compounds. In the downstream central wastewater treatment plant at the Burghausen site, these by-products are only poorly biodegradable. Subsequent physical separation is not technically feasible with reasonable means. Therefore, a new, process-integrated method was developed that retrieves these substances directly in the production plant, thus preventing their entry into the wastewater. This measure contributes to improved environmental performance and the sustainable use of water resources at the Burghausen site.

– **Vorhabenumsetzung/Project implementation**

Ziel des Vorhabens/ Aim of the project:

Für siliziumorganische Verbindungen im Abwasser der biologischen Abwasserreinigungsanlage (BARA) am Standort Burghausen bestehen keine spezifischen Überwachungswerte; die Kontrolle erfolgt über den Summenparameter TOC. Ziel der Maßnahme war es mit dem neuen Verfahren etwa 90 % (ca. 135 t/Jahr) der siliziumorganischen Verbindungen aus dem Prozessabwasser des Methanolysebetriebs E2 zurückzugewinnen, was einer Reduktion von ca. 40 t/Jahr TOC entspricht. Dies sind ca. 35% des im betrieblichen Abwasserteilstrom der E2 enthaltenen TOC -Fracht. Die Maßnahme verbessert die Abwasserqualität und ist neutral in der CO₂-Bilanz. Durch den Betrieb der neuen HCl-Wäsche entstehen ein erhöhter Bedarf an Dampf, Kühlwasser und Energie, welcher hauptsächlich aus einer um etwa 12 % höheren erforderlichen Chlormethanproduktion resultiert, welches als Waschmedium eingesetzt wird. Anfallende C7-Kohlenwasserstoffe werden in der RVA energetisch verwertet.

There are no specific monitoring values for organosilicon compounds in the wastewater of the biological wastewater treatment plant (BARA) at the Burghausen site; monitoring is carried out using the sum parameter TOC. Aim of the measure was to recover around 90% (approximately 135 tons per year) of the organosilicon compounds from the process wastewater of the the E2 methanolysis plant using the new procedure, which corresponds to a reduction of about 40 tons per year of TOC. This represents approximately 35% of the TOC load contained in the E2 plant's wastewater stream. The measure improves wastewater quality but does not affect the CO₂ balance. Operating the new HCl scrubber results in increased demand for steam, cooling water, and energy, which is mainly due to the approximately 12% higher required production of chloromethane, used as the scrubbing medium. The resulting C7 hydrocarbons are utilized for energy recovery in the residue incineration plant.

Lösungsansatz/ Solution approach:

Der Grundstoff für Silicone ist Siloxan, das in einem mehrstufigen Prozess hergestellt wird. Abwasserrelevant sind dabei die Hydrolyse und die Chlormethansynthese, die eng miteinander verbunden sind. Ziel des Projekts am Standort Burghausen ist die Errichtung einer neuartigen HCl-Reinigung im Methanolyse-Betrieb, um siliziumorganische Verunreinigungen aus dem Chlorwasserstoff der Hydrolyse in einem zweistufigen Waschprozess zu entfernen. Die Waschmedien und abgetrennten Stoffe werden in den Produktionskreislauf zurückgeführt, während angereicherte C7-Kohlenwasserstoffe thermisch verwertet werden. Das umfangreiche Anlagenbauvorhaben umfasste verschiedene technische Disziplinen und Projektphasen und wurde mit Eigenleistungen sowie externen Partnern realisiert. Der Projektumfang beinhaltete Planung, Beschaffung, Montage, Inbetriebnahme und die bauliche Erweiterung der Anlage.

The basic material for silicones is siloxane, which is produced in a multi-stage process. The hydrolysis and chloromethane synthesis steps, which are closely linked, are particularly relevant for wastewater. The aim of the project at the Burghausen site is to install an innovative HCl purification system in the methanolysis plant to remove organosilicon impurities from the hydrogen chloride generated during hydrolysis using a two-stage washing process. The washing media and separated substances are returned to the production cycle, while enriched C7 hydrocarbons are thermally utilized. This extensive plant construction project involved various technical disciplines and project phases and was carried out using both in-house resources and external partners. The scope of the project included planning, procurement, installation, commissioning, and structural expansion of the plant.

Technische Umsetzung/ Technical implementation:

Das Projekt wurde in mehreren Phasen abgewickelt: Feasibility Studie, PreBasic Engineering, Basic Engineering, Detail Engineering, Construction und Commissioning. Die Planung und Umsetzung der HCl-Reinigung und C7KW-Destillation erfolgten teilweise überlappend. In den frühen Phasen wurden Massen- und Energiebilanzen erstellt sowie die Hauptapparate und Werkstoffe ausgewählt. Im Basic und Detail Engineering wurden Regelungstechnik, Sicherheitsaspekte, 3D-Planung und Stromlaufpläne ausgearbeitet. Die Bau- und Montagearbeiten wurden gestaffelt und teilweise parallel durchgeführt. Nach Abschluss der Bauarbeiten erfolgte die schrittweise Inbetriebnahme der C7KW-Destillation und der HCl-Reinigung

The project was carried out in several phases: feasibility study, pre-basic engineering, basic engineering, detailed engineering, construction, and commissioning. The planning and implementation of the HCl purification and C7 hydrocarbon distillation were partially overlapping. In the early phases, mass and energy balances were prepared, and the main equipment and materials were selected. During the basic and detailed engineering stages, control technology, safety aspects, 3D planning, and circuit diagrams were developed. Construction and installation work was staggered and in some cases carried out in parallel. After completion of the construction work, the commissioning of the C7 hydrocarbon distillation and HCl purification was carried out step by step.

– **Ergebnisse/Project results**

Die Planung und Umsetzung der Anlage verliefen planmäßig und ohne unerwartete Schwierigkeiten. Die Anlage wurde im Juni 2024 erstmalig in Betrieb genommen. Im März 2025 wurde die Inbetriebnahme vollständig abgeschlossen und die Anlage ging in den Dauerbetrieb über. Die letzten Restarbeiten wurden im August 2025 abgeschlossen.

Durch die Inbetriebnahme der HCl-Reinigung in Anlage E2 konnte die TOC-Fracht im Betriebsabwasser von ca. 113 t/a (2021) auf ca. 52 t/a (2025) und damit um über 50 % gesenkt werden. Unter der Berücksichtigung, dass die Produktionsmenge an Methylchlorid und somit auch am Endprodukt Siloxan 2025 etwas geringer war als im Jahr 2021, ergibt sich eine relative Reduzierung der TOC-Fracht von ca. 47,5 % und liegt damit deutlich über dem erwarteten Wert von 35 %.

Der ursprünglich erwartete Mehrverbrauch an Betriebsmitteln ist nicht eingetreten. Durch einen geringeren Einsatz von Wasch-MeCl (nur ca. 6 % statt 12 %) und die Optimierung des Kondensationssystems konnten sowohl der Dampf- als auch der Kühlwasserverbrauch deutlich gesenkt werden. Insgesamt führt der Betrieb der HCl-Wäsche zu einer Einsparung von Betriebsmitteln in der MeCl-Anlage.

Das Projekt dient der nachhaltigen Sicherung der Grundstoffproduktion im Geschäftsbereich Silicone am Standort Burghausen, mit einem jährlichen Umsatz von über 1 Mrd. €. Die Umsetzung der HCl-Reinigung erfolgte vorrangig aus Gründen des Umweltschutzes und zur Wahrung der Konzernziele zu Nachhaltigkeit und verantwortlichem Handeln, nicht aus wirtschaftlichen Motiven. Die Maßnahme verringert die Umweltauswirkungen und verhindert wirtschaftliche Risiken bei zukünftigen behördlichen Anforderungen zur Abtrennung siliziumorganischer Verbindungen im Abwasser. Trotz hoher Investitions- und Betriebskosten bietet das entwickelte Verfahren eine zukunftsfähige und nachhaltige Lösung, die auch für andere Siloxanhersteller relevant ist.

The planning and implementation of the plant proceeded as scheduled and without unexpected difficulties. The plant was commissioned for the first time in June 2024. In March 2025 commissioning was fully completed and the plant was transferred to continuous operation. The final remaining work was completed in August 2025.

With the commissioning of the HCl purification in plant E2, the TOC load in the process wastewater was reduced from approximately 113 t/a (2021) to around 52 t/a (2025), representing a reduction of over 50 %. Taking into account that the production volume of methyl chloride, and thus also of the final product siloxane, was somewhat lower in 2025 than in 2021, there is a relative reduction in the TOC load of approximately 47,5%, which is significantly higher than the expected value of 35%. The originally anticipated increase in operating resource consumption did not occur. By using less washing MeCl (only about 6% instead of 12%) and optimizing the condensation system, both steam and cooling water consumption were significantly reduced. Overall, the operation of the HCl scrubber leads to savings in operating resources in the MeCl plant.

The project serves to sustainably secure the production of basic materials in the Silicone business segment at the Burghausen site, with annual sales of over €1 billion. The implementation of the HCl purification was primarily carried out for environmental protection reasons and to follow up the Group goals for sustainability and responsible care, not for economic motives. The measure reduces the environmental footprint and prevents eco-

conomic risks in the event of future regulatory requirements for the separation of organosilicon compounds in wastewater. Despite high investment and operating costs, the developed process offers a future-proof and sustainable solution that is also relevant for other siloxane manufacturers

– **Ausblick/Prospects**

Die Inbetriebnahmen der HCl-Reinigung und C7KW Destillation verliefen unfallfrei und innerhalb des geplanten Zeit- und Kostenrahmens. Kleinere Probleme traten auf: Bei der C7KW Destillation kam es zu Verstopfungen der Mischwasserdüsen, die durch einen zusätzlichen Filter behoben wurden, sowie zu Kondensatbildung in der Abgasleitung, die durch eine geänderte Einbindung gelöst wurde. Bei der HCl-Reinigung entstanden Undichtigkeiten im Rohrleitungssystem bei Tieftemperaturen, die durch erneutes Nachziehen der Flansche nach Erwärmung behoben werden konnten. Das mehrfache Nachziehen bei kaltgehenden Leitungen wurde als wichtige Erkenntnis für zukünftige Projekte festgehalten.

Die weltweite Siloxanproduktion beträgt rund 3.000 kt pro Jahr und wächst jährlich um etwa 5 %. Das entwickelte Verfahren zur Verbesserung der Abwasserqualität kann von jedem Siliconhersteller in den Teilprozessen Hydrolyse und Chlormethansynthese eingesetzt werden.

The commissioning of the HCl purification and C7 hydrocarbon distillation was completed without accidents and within the planned time and budget. Minor issues did occur: In the C7 hydrocarbon distillation, blockages in the mixed water nozzles were resolved by installing an additional filter, and condensate formation in the exhaust line was addressed by modifying the connection. In the HCl purification, leaks in the piping system at low temperatures were fixed by retightening the flanges after warming up. The need for repeated retightening of flanges on cold pipelines was identified as an important lesson for future projects.

Global siloxane production amounts to around 3,000 kt per year and is growing by about 5% annually. The developed process for improving wastewater quality can be applied by any silicone manufacturer in the hydrolysis and chloromethane synthesis subprocesses.

6. Literatur

Für die Erstellung des Abschlussberichtes wurden keine externen Quellen verwendet.

7. Anhang

Anhang 1: Technikbeschreibung (Nicht zur Veröffentlichung freigegeben)