

Abschlussbericht für das Ministerium für Umwelt und
Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des
Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV)

KURZFASSUNG

Untersuchung von Membranverfahren zur Schließung von Wasserkreisläufen in der metallverarbeitenden Industrie am Beispiel des Ford-Standortes Köln-Niehl

Dezember 2008



Lehrstuhl für Chemische Verfahrenstechnik

Prof. Dr.-Ing. Thomas Melin

Allgemeine Angaben

Autoren des Abschlussberichtes

Dipl.-Ing. Jochen Herr, Dipl.-Ing. Christian Kazner, Dipl.-Ing. Sven Lyko, Dipl.-Ing. Karl Manderscheid

Projektkoordination

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH)

Lehrstuhl für Chemische Verfahrenstechnik (CVT)

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Melin, Lehrstuhlinhaber und Institutsdirektor

Dipl.-Ing. Jochen Herr und Dipl.-Ing. Sven Lyko, Projektleitung

Turmstr. 46

52056 Aachen

Telefon: 0241 / 80 – 95470

Fax: 0241 / 80 – 92252

E-Mail: jochen.herr@avt.rwth-aachen.de, sven.lyko@avt.rwth-aachen.de

Unterauftragnehmer

i+f process GmbH

Chemiepark Knapsack (Geb. 0110)

Industriestraße

50354 Hürth

Telefon: 02233 / 48 11 77

Fax: 02233 / 48 11 85

E-Mail: K.Manderscheid@ifprocess.de

Projektbeteiligte

Ford-Werke GmbH

Betrieblicher Umweltschutz

Henry-Ford-Straße 1

50725 Köln-Niehl

Telefon: 0221 / 90 – 1 36 95

Fax: 0221 / 90 – 1 29 19

E-Mail: cherse@ford.com

1 EINLEITUNG

Am Standort Köln-Niehl betreiben die Ford-Werke GmbH einen Produktionsstandort für die Herstellung von Fahrzeugen, Motoren, Druckgussteilen, Getrieben (i.V.m. dem Jointventure (JV) GFT) und die Komponentenfertigung von Schmiedeteilen (i.V.m. dem JV Tekfor). Die Fertigung der Fahrzeugenreihen Fiesta und Fusion und diverser Motorvarianten ist eingebunden in den europäischen Produktionsverbund mit weiteren Standorten in Deutschland, Belgien, England, Frankreich, Spanien, der Türkei und Russland.

Im Jahr 2005 wurden am Standort Köln mit ca. 8.000 Mitarbeitern über 400.000 Fahrzeuge, mehr als 365.000 Motoren und über 3 Mio. Druckgussteile hergestellt. GFT produzierte ca. 680.000 Getriebe und bei der Fa. Tekfor wurden mehr als 30 Mio. Schmiedeteile gefertigt.

Diese Produktion hat Umweltauswirkungen, die sich durch den Einsatz von Materialien wie Stahl, Aluminium und Kunststoffen, durch den Einsatz von Ressourcen wie elektrischer Energie und Wärmeenergie (Heißwasser), durch die Nutzung von Gas und Wasser, aber auch den Anfall von Abfällen, Luftemissionen und Abwasser beschreiben lassen. Im Rahmen des bestehenden Umweltmanagementsystems werden diese Auswirkungen in allen Prozessen bewertet und bei entsprechender Signifikanz durch die Umsetzung der unterschiedlichsten Programme reduziert (Umweltklärung der Ford-Werke, www.ford.de).

So wurde auch die Nutzung von Wasser durch die unterschiedlichsten Lösungen teilweise erheblich reduziert. Hiermit verbunden ist auch eine deutliche Verminderung des Abwasseranfalls. Mit ca. 15-20% des Wasserverbrauches und Abwasseranfalls der gesamten deutschen Automobilindustrie kann der ausgewählte Standort als relevant und repräsentativ eingeschätzt werden (VDA, 2007).

Die deutsche Automobilindustrie als wichtigster Beschäftigungssektor sieht sich dem Klimaschutz verpflichtet, wobei sie von innovativen Technologien zum einen als Anwender profitiert und zum anderen an deren Entwicklung aktiv beteiligt ist. In Bezug auf weitgehende Kreislaufführung von Wasser, Minimierung der spezifischen Abwasserproduktion pro gefertigtem Fahrzeug und Verringerung der Emission von Lösungsmitteln je Quadratmeter lackierter Fläche stellt die deutsche Automobilindustrie den Maßstab im weltweiten Vergleich dar. In den letzten 10 Jahren sank der Wasserverbrauch der deutschen Automobilindustrie um ca. 12% und der Abwasseranfall konnte um ca. 25% gesenkt werden (Stand 2005, VDA, 2007). Diese Rückgänge und deren Fortführung sind nur durch den Einsatz innovativer Technologien in Produktion und Abwasserbehandlung und durch eine umfangreiche Kreislaufführung zu erzielen, wobei die Membrantechnik mit ihren Potentialen zur Prozesswasseraufbereitung die Schlüsseltechnologie darstellt, was sie auch in anderen Bereichen der industriellen Abwasseraufbereitung bewiesen hat (Marzinkowski, 2008).

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden daher die Möglichkeiten von Membranverfahren zur Schließung von Wasserkreisläufen in der Automobilindustrie am Beispiel des Ford-Standortes Köln-Niehl im halbtechnischen Maßstab untersucht.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, ein neues Verfahrenskonzept für ein maßgeschneidertes, angepasstes Prozesswassermanagement für den Produktionsstandort Köln-Niehl zu erarbeiten und durch Pilotversuche zu erproben. Hierzu werden die folgenden vier Konzepte (vgl. Kapitel 3) untersucht und miteinander verglichen. Die vier Konzepte des Forschungsvorhabens wurden in die zwei Teilbereiche "Prozessintegrierte Maßnahmen" und "End-of-pipe-Behandlung" unterteilt.

Zur Vorbereitung der Pilotversuche erfolgte eine umfassende Analyse der Wasser- und Abwassersituation am Produktionsstandort Köln-Niehl.

2 HEUTIGER ZUSTAND DES WASSERMANAGEMENTS AM FORD-STANDORT KÖLN-NIEHL

2.1 WASSERVERBRAUCH AM STANDORT

Die Wasserversorgung des Standortes wird durch drei unterschiedliche Wasserqualitäten gewährleistet. Die *Brauch- und Industriewasserversorgung* wird über die Förderung aus 12 Betriebsbrunnen durch Rheinuferfiltrat und Grundwasser sichergestellt. Es wird in allen Produktionsbereichen für unterschiedliche Prozesse (Reinigung, Spülen, Kühlen, etc.) verwendet.

Stadt-/Trinkwasser wird durch externe kommunale Versorger dem Werk zur Verfügung gestellt. Es wird im Wesentlichen in den Küchen und Sanitärbereichen des Werkes verwendet.

Vollentsalztes (VE) Wasser wird zum überwiegenden Teil durch einen neben dem Kölner Werk liegenden Energieversorger hergestellt und geliefert. Der größte Anteil dieses VE-Wassers wird für Prozesse der Lackiererei (Vorbereitung und Luftbefeuchtung) verwendet. In einer kleinen separaten Anlage des Motorenwerkes (Halle W) werden ca. 19.000 m³/a zur Unterstützung der Prozesse hergestellt (Reinigungsbäder, Kühlschmierstoffsysteme). In Tabelle 1 sind die Wasserverbräuche, die spezifischen Kosten und die Jahreskosten für diese drei Frischwasserarten dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht über die eingesetzten Mengen und Kosten des Frischwassers der Jahre 2004 und 2005 am Standort Köln-Niehl der Ford-Werke GmbH

Frischwasserart	Kosten [EUR/m ³]	Jahresverbrauch [m ³ /a]		Jahreskosten [EUR/a]	
		2004	2005	2004	2005
Industriewasser	0,2167	7.494.680	7.825.950	1.624.097	1.695.883
Stadtwasser	1,3913	328.521	675.484	457.071	939.881
VE-Wasser	1,1946	280.600	249.150	335.205	297.635
Summe		8.105.805	8.752.589	2.418.377	2.935.404

Am Standort Köln-Niehl wurden im Jahr 2004 demnach insgesamt 8,1 Mio m³ Frischwasser unterschiedlicher Qualitäten verbraucht. Im Jahr 2005 gab es geringe Veränderungen. So war der Verbrauch an VE-Wasser (249.150 m³/a) leicht verringert, während der Verbrauch an Stadtwasser (675.484 m³/a) und Industriewasser (7.825.950 m³/a) anstieg. Der Gesamtfrischwasserverbrauch erhöhte sich konjunkturbedingt auf 8,75 Mio m³, entsprechend einer Zunahme von 8%.

2.2 ABWASSERSITUATION AM STANDORT

Abwassermengen

Die Produktion am Standort Köln-Niehl gliedert sich in verschiedene Fertigungsstellen, die im standortspezifischen Sprachgebrauch als Hallen bezeichnet werden. Jede Halle ist durch einen spezifischen Wasserverbrauch und Abwasseranfall gekennzeichnet, die sich in Zusammensetzung und Mengen unterscheiden. Außerdem gibt es starke produktionsbedingte Schwankungen der Abwasserteilströme.

Anfallende Abwässer werden für jede Halle gesammelt und am Ausgang der Halle in das standort-eigene Kanalnetz abgegeben. Regen-, Schmutz- und Betriebsabwasser wird in getrennten Kanalsystemen geführt. Für jede Halle erfolgt vor der Kanaleinleitung eine mengenmäßige Erfassung. Prozessbedingt anfallendes Abwasser wird der standort-eigenen Abwasserbehandlungsanlage (ABA) zugeleitet, behandelt und indirekt eingeleitet.

Im Versorgungsbereich des Werkes anfallendes kommunales Abwasser wird ohne weitere Behandlung als Schmutzwasser indirekt eingeleitet.

Kühl- und Regenwasser werden getrennt von den Schmutzwasserströmen gesammelt und in den Rhein direkt eingeleitet.

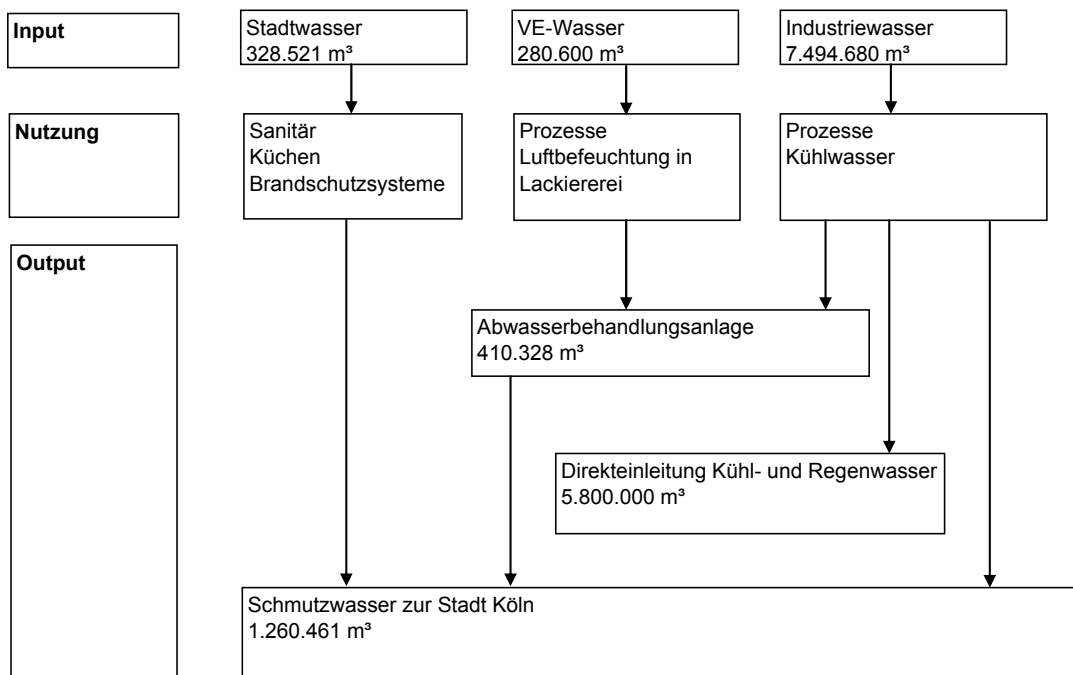


Abbildung 1: Wasserbilanz Ford-Werk Köln-Niehl (Stand 2004)

Abbildung 2 zeigt, dass drei Abwasserteilströme den Hauptteil des zu behandelnden Abwassers ausmachen, nämlich die der Hallen Y (Lackiererei), R (Schmiede- und Druckguss) und G (Achsen- und Getriebewerk).

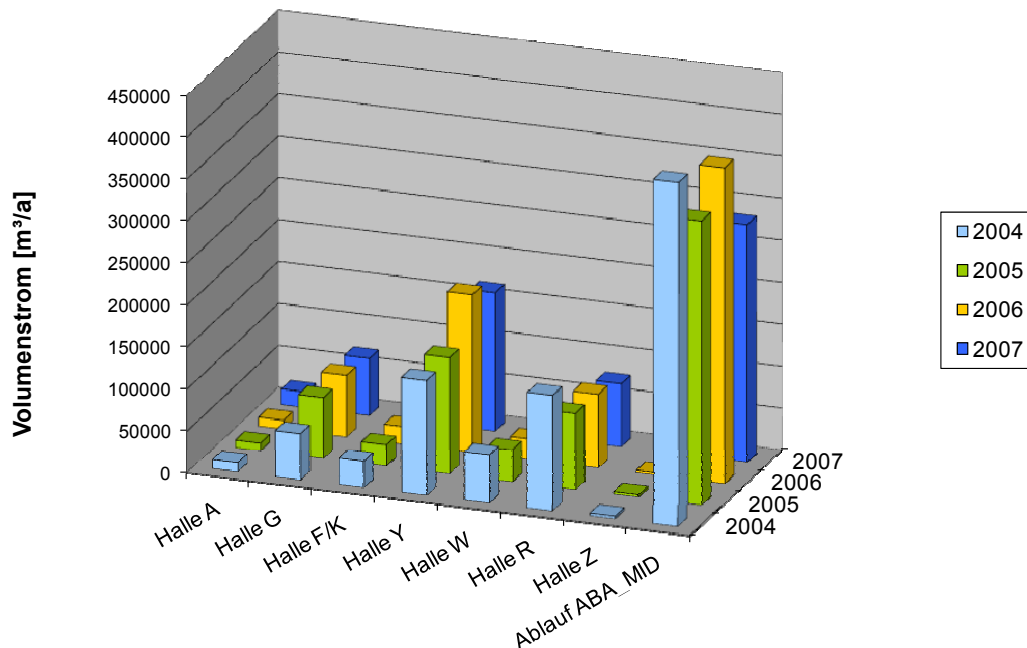


Abbildung 2: Entwicklung der anfallenden Abwassermengen am Standort Köln-Niehl

In der werkseigenen Abwasserbehandlungsanlage (ABA) am Ford-Standort Köln-Niehl werden die beiden Abwasserströme Lackierereiabwasser und Emulsionsabwasser mit zwei verschiedenen Verfahrenskombinationen behandelt und anschließend zur Kläranlage Köln-Stammheim geleitet. In Abbildung 3 ist die ABA der Ford-Werke am Standort Köln-Niehl schematisch dargestellt. Sie behandelte im Jahr 2004 vor der Indirekteinleitung in das Kanalnetz der Stadt Köln rund 410.000 m³/a entsprechend rund 5% des Gesamtjahresverbrauchs von 8,1 Mio m³/a.

Das Emulsionsabwasser aus der mechanischen Fertigung wird diskontinuierlich zur ABA geleitet. Nach Sammlung und Vergleichmäßigung des Abwassers wird durch Emulsionsspaltung mit organischen Spaltnitteln (Aquatop) ein Teil der enthaltenden Öle abgetrennt. Die Spaltöle werden im nachfolgenden Reaktionsbecken abgeschieden. Das Spaltwasser gelangt danach in das Neutralisationsbecken. Dort werden die Schwermetalle durch Zugabe von Kalkmilch gefällt und anschließend durch Flockungshilfsmittel geflockt und flotiert. Das Flotat (Schlamm) wird in der Flotation durch einen Skimmer abgetrennt. Es wird mit dem Sedimentierschlamm der Lackierereiabwasserbehandlung in einer Kammerfilterpresse entwässert und entsorgt.

Das Lackierereiabwasser wird als Sammelabwasserstrom in einen Speichertank gepumpt. Die chemische Behandlung geschieht in drei Schritten. Zuerst wird im Koagulationsbecken ein Koagulationsmittel (Aquatop) zugegeben um die suspendierten Abwasserinhaltsstoffe in Flocken zu überführen. Danach werden die gelösten Schwermetalle im Neutralisationsbecken mit Kalkmilch gefällt und im Flockungsbecken durch Flockungshilfsmittel in Makroflocken überführt. Die Fest-Flüssigtrennung erfolgt zusammen mit dem Spaltwasser aus der Emulsionsabwasserbehandlung im Sedimentationsbecken. Durch die Neutralisationsfällung ist das gereinigte Wasser relativ stark alkalisch (pH = 9 – 11) und wird daher vor der Einleitung in die öffentliche Kanalisation mit Schwefelsäure nachneutralisiert.

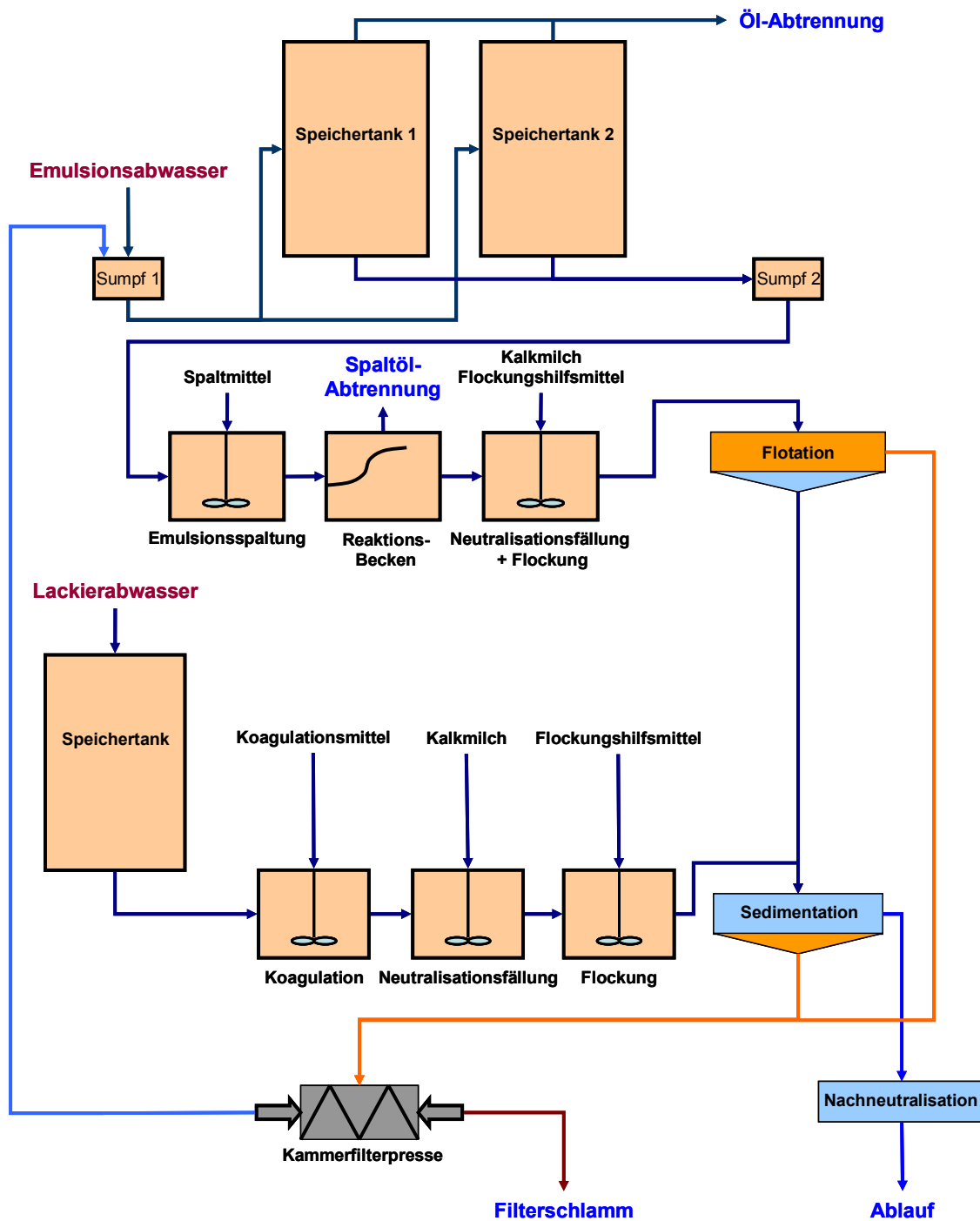


Abbildung 3: Derzeitige Abwasserbehandlungsanlage (ABA) der Ford-Werke am Standort Köln-Niehl

Abwasserbeschaffenheit

Zur Charakterisierung der beiden wichtigsten Abwasserströme, Lackierereiabwasser und Emulsionsabwasser, wurde ein Intensivmessprogramm durchgeführt. Die Analysen bestätigten deutliche Unterschiede in den Schadstoffkonzentrationen der beiden Abwasserströme.

Das Emulsionsabwasser weist gegenüber dem Lackierereiabwasser eine signifikant höhere organische Belastung auf. Das CSB/BSB₅-Verhältnis als Maß für die biologische Abbaubarkeit liegt im Lackierereiabwasser bei 12, was eine geringe biologische Abbaubarkeit erwarten lässt. Im Emulsionsabwasser hingegen liegt dieses Verhältnis bei 6.

Die meisten Schwermetallkonzentrationen sind im Lackierereiabwasser wesentlich höher als im Emulsionsabwasser. Besonders hohe Konzentrationen weisen Nickel und Zink auf.

Der Salzgehalt unterscheidet sich in beiden Abwasserströmen nur geringfügig. Die Sulfatkonzentration liegt im Mittel für beide Ströme deutlich unter dem geforderten Grenzwert von 600 mg/L.

In Tabelle 2 sind die Mittelwerte und Mediane der Analyseergebnisse der untersuchten Schadstoffparameter dargestellt. Die angegebenen Grenzwerte beziehen sich auf die Indirekt-einleitung des behandelten Abwassers.

Tabelle 2: Schadstoffbelastung der zu behandelnden Abwasserströme

Parameter	Einheit	Emulsionsabwasser ⁽¹⁾				Lackierereiabwasser ⁽²⁾				GW ⁽³⁾
		Mittelw.	Median	Min	Max	Mittelw.	Median	Min	Max	
pH-Wert	-	6,9	6,9	5,8	8,8	7,3	7,2	6,0	9,4	-
CSB	mg/L	11400	11200	4190	27200	11400	4990	1200	72000	-
BSB ₅	mg/L	2040	1900	700	4500	460	180	83	3200	-
CSB/BSB ₅	mg/L	6,0	5,9	3,0	9,2	12,4	11,7	7,7	22,6	-
ELS	mg/L	3180	2950	231	9400	2900	290	141	29100	-
KW	mg/L	885	637	38	3650	504	120	0,5	8840	10
AOX	mg/L	0,9	0,5	0,3	7,2	11,3	0,8	0,3	118	1
Blei	mg/L	0,223	0,215	0,001	0,650	285,4	0,04	0,03	3720	0,5
Cadmium	mg/L	0,002	0,003	0,0002	0,007	0,028	0,005	0,001	0,17	0,1
Chrom	mg/L	0,255	0,154	0,032	2,2	5,6	1,10	0,005	53	0,5
Kupfer	mg/L	0,339	0,305	0,104	0,99	2,19	0,228	0,05	22	0,5
Nickel	mg/L	0,595	0,345	0,09	6	39	12	0,6	543	0,5
Zink	mg/L	6,7	4,7	1,0	45	229,3	57,5	3,7	3040	2,0
LF	mS/cm	258	253	175	471	149	116	91	385	-
Chlorid	mg/L	214	195	118	461	75	35	2,4	1000	-
Sulfat	mg/L	110	110	6,5	366	151	62	11	2090	600

⁽¹⁾ N = 80 Proben, ⁽²⁾ N = 26 Proben

⁽³⁾ GW = Grenzwert für Indirekt-einleitung der Ford-Werke Köln-Niehl

3 STRUKTUR DER UNTERSUCHUNG

Das Forschungsvorhaben wurde mit einer Unterteilung in acht Arbeitspaketen bearbeitet. Eine schematische Darstellung des experimentellen Teils des Forschungsprojektes mit den implementierten Zielgrößen der einzelnen Konzepte stellt Abbildung 4 dar.



Abbildung 4: Methodik des experimentellen Projektteils

Der experimentelle Teil wurde durch eine umfassende Analyse der Wasser- und Abwassersituation am Produktionsstandort Köln-Niehl vorbereitet. Die Ergebnisse sind in Kapitel 2 dargestellt. Im Anschluss an die experimentellen Untersuchungen wurden vier unterschiedliche Konzepte hinsichtlich ihrer technischen Leistungsfähigkeit miteinander verglichen. Den Abschluss bildete eine Wirtschaftlichkeitsanalyse für die einzelnen Konzepte als Grundlage für die Einschätzung der ökonomischen Leistungsfähigkeit. In der Zusammenfassung der Projektergebnisse wird zudem auf die Übertragbarkeit auf vergleichbare Anwendungsfelder eingegangen.

3.1 LABORVERSUCHE

Ziel der Laboruntersuchungen ist die Definition geeigneter Membranen und optimaler Prozessbedingungen, die anschließend im Pilotmaßstab untersucht wurden. Dazu wurden reale Proben der relevanten Prozess- und Abwasserteilströme in Testzellenversuchen untersucht. Um Aussagen zur Übertragbarkeit der Versuche mit Abwasserstichproben auf einen kontinuierlichen Anlagenbetrieb

machen zu können, wurden außerdem Analysen repräsentativer Abwasserproben durchgeführt, die mittels automatischer Probenehmer generiert wurden.

Die Vorversuche unterteilten sich somit in:

- Abwassercharakterisierung
- Membranscreening
- Fällungs-/Flockungsmittelscreening

3.2 PILOTUNTERSUCHUNGEN

Insgesamt wurden vier Pilotierungsschwerpunkte gewählt, wobei die zwei End-of-pipe-Konzepte 1b und 2 an der Abwasserbehandlungsanlage (ABA) der Firma Ford durch die Aachener Verfahrenstechnik und die prozessintegrierten Untersuchungen von Konzept 1a in der Lackiererei durch die i+f process GmbH bearbeitet wurden. Die Untersuchung der biologischen Abbaubarkeit des Ablaufs der Ford-eigenen Abwasserbehandlungsanlage mit MBR-Technologie wurde wiederum durch die Aachener Verfahrenstechnik durchgeführt.

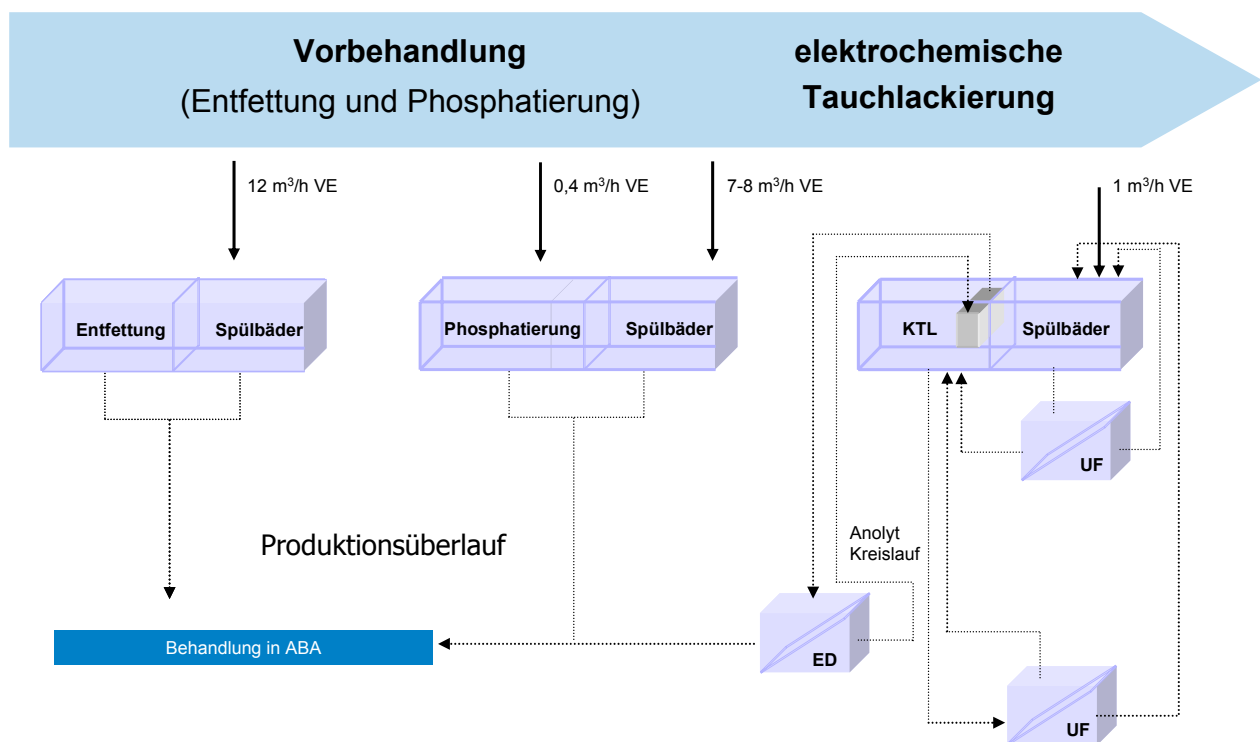


Abbildung 5: Schematische Darstellung des Lackierprozesses (Halle Y am Ford-Standort Köln-Niehl) im heutigen Zustand

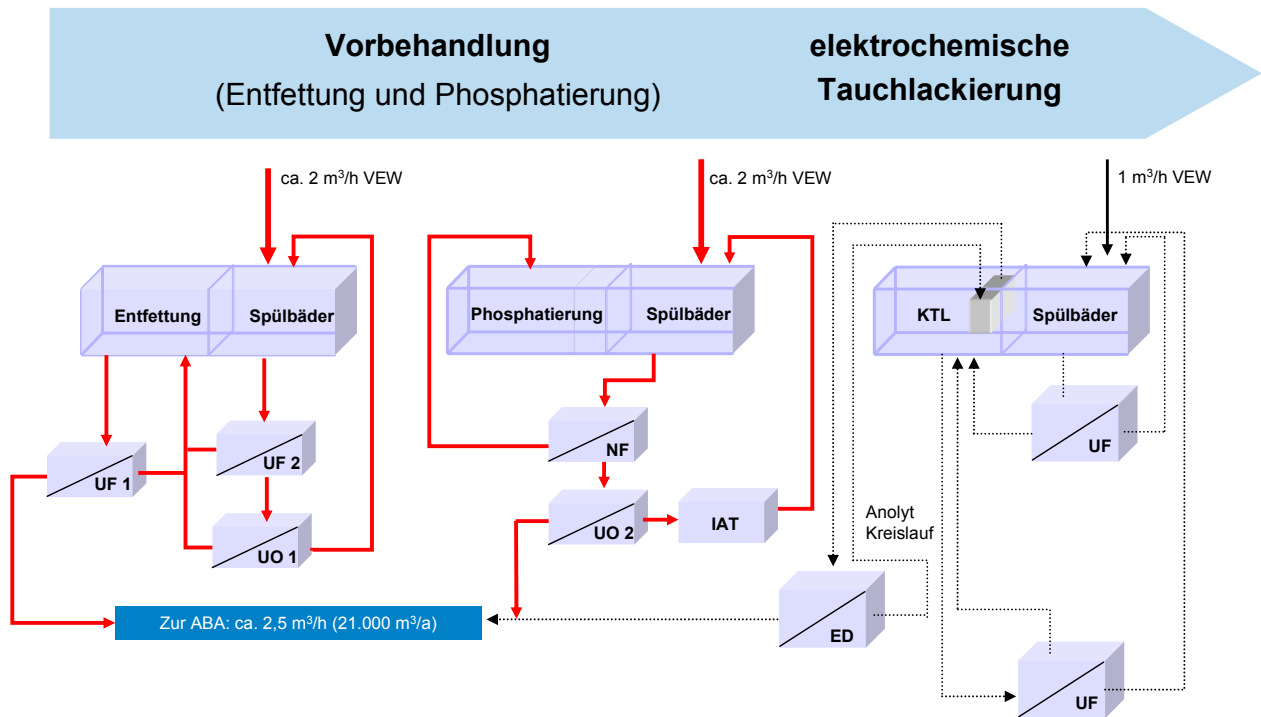


Abbildung 6: Übersicht über die untersuchten prozessintegrierten Maßnahmen im Bereich der Lackiererei (Linien in rot)

Die prozessintegrierten Maßnahmen in der Lackiererei umfassten die folgenden Pilotuntersuchungen:

- Ultrafiltration des Entfettungsbadmediums zur Rückführung von Reinigungschemikalien
- Ultrafiltration und Umkehrosmose des Entfettungsspülbadmediums zur Gewinnung von Entfettungs- und Spülbadmedium
- Nanofiltration des Wassers aus dem Spülbad nach der Phosphatierung zur Rückführung von Wertstoffen
- Weitergehende Aufbereitung des NF-Permeats des Spülbadwassers nach der Phosphatierung mittels Umkehrosmose und Ionenaustauscher zur Gewinnung von Spülwasser
- Aufbereitung von Spülwasser nach der Passivierung durch Kalkmilchfällung, Sedimentation, und Ionenaustauscher zu VE-Wasser für die Spüle nach der Passivierung.

Die weiteren Pilotuntersuchungen für End-of-Pipe-Lösungen bestanden aus:

- Ultrafiltration des gesammelten schwermetallhaltigen Abwasserstroms aus der Lackiererei
- Ultrafiltration des gesammelten öl- und fetthaltigen Abwasserstroms aus den mechanischen Fertigungsbereichen
- Behandlung des Ablaufs der derzeitigen Abwasserbehandlungsanlage am Ford-Standort Köln-Niehl mittels MBR-Technologie.

4 ZUSAMMENFASSUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Tabelle 3: Technische Bewertung der Behandlungskonzepte

Verfahren	Bewertung	Anmerkung
Prozessintegrierte Maßnahmen (Lackiererei)		
Ultrafiltration des Entfettungsbadmediums zur Rückführung von Reinigungschemikalien	–	kein stabiler UF-Betrieb unzureichender Rückhalt d. Tenside
Ultrafiltration und Umkehrosmose des Entfettungsspülbadmediums zur Gewinnung von Entfettungs- und Spülbadmedium	0	UF: Betrieb problematisch UO: Permeat 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Koch), VE-Wasserqualität
Nanofiltration des Spülbadwassers aus der Phosphatierung zur Rückführung von Wertstoffen	+ +	Hohe Ausbeuten möglich Koch, Osmonics: empfehlenswert SO_4 : $\eta_{\text{Koch}} < \eta_{\text{Osmonics}}$ Saehan: nicht empfehlenswert
Weitergehende Aufbereitung des NF-Permeats des Spülbadwassers mit UO zur Gewinnung von Spülwasser	+ +	Chem A: $J_{\text{Filmtec}} = J_{\text{Koch}}$ Chem B: $J_{\text{Filmtec}} = 1,33 \times J_{\text{Koch}}$ LF: $\eta_{\text{Koch}} > \eta_{\text{Filmtec}}$ (Chem B) SM: $\eta_{\text{Koch}} < \eta_{\text{Filmtec}}$ NH_4 : $\eta_{\text{Koch}} < \eta_{\text{Filmtec}}$ (Chem A) NH_4 : $\eta_{\text{Koch}} > \eta_{\text{Filmtec}}$ (Chem B) Empfehlung: Koch UO + IAT VE-Wasserqualität
Aufbereitung von Spülwasser nach der Passivierung durch Kalkmilchfällung, Sedimentation, und Ionenaustauscher zu VEW für die Spüle nach der Passivierung	0	Mischbett-IAT nicht geeignet Zweistufige IAT-Anlage (KAT, AAT) erforderlich
End-of-pipe-Behandlungsmaßnahmen		
End-of-pipe-Behandlung des Lackierereiabwassers	--	Hoher Restorganikgehalt Starke Verblockung der Membran
End-of-pipe-Behandlung des Emulsionsabwassers der mechanischen Fertigung	0	Hoher Restorganikgehalt UF-Betrieb unproblematisch Weitere Schritte zur Prozesswasseraufbereitung erforderlich
Biologische Behandlung des Gesamtabwasserstroms mit MBR-Technik	+	Stabiler Betrieb (Cross-Flow-MBR) Guter Abbau von CSB (> 80%) Nachbehandlung mit dichten Membranen möglich

4.1 PROZESSINTEGRIERTE MAßNAHMEN

Bei den Pilotversuchen zur Prozesswasseraufbereitung und -wiedergewinnung innerhalb der Lackiererei erwiesen sich insbesondere die Aufbereitung der Spülwässer nach der Phosphatierung sowie der Spülwässer nach der Passivierung als vielversprechend hinsichtlich der betrieblichen Umsetzung. Auch aus wirtschaftlicher Sicht bieten diese Verfahren signifikante Kosteneinsparungsmöglichkeiten (in der Summe ca. 490.000 Euro/a). Im Bericht sind die Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Umsetzung der Aufbereitungsprozesse ausführlich beschrieben. So wurden die optimalen Membrantypen, Chemikalien, Betriebsbedingungen und Verfahrensketten bestimmt.

Bei den Verfahren zur Wasseraufbereitung im Bereich der Entfettung stellte sich die Ultrafiltration zur Aufbereitung des Entfettungsbadmediums mit dem Ziel der Rückführung von Reinigungschemikalien (Tenside) aufgrund eines verstärkten Membranfoulings als unwirtschaftlich dar. Zudem wurden die Zielvorgaben bezüglich der Rückführung der eingesetzten Tenside nicht erreicht.

Die Kombination Ultrafiltration und Umkehrosiose des Entfettungsspülbadmediums mit dem Ziel der Gewinnung von Entfettungs- und Spülbadmedium war im Bereich der Ultrafiltration in ihrer Betriebsstabilität eingeschränkt. Die Qualität des Umkehrosiosepermeates lag mit 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ im Bereich des Zielwertes für VE-Wasser und könnte daher in das Spülbad recycelt werden. Unter der Voraussetzung, dass die Lebensdauer der Membranen von im Mittel 6 Jahren erreichbar ist, erscheint auch bei dieser prozessintegrierten Maßnahme ein signifikanter wirtschaftlicher Nutzen möglich (ca. 350.000 Euro/a).

4.2 END-OF-PIPE-BEHANDLUNGSVERFAHREN

Bei der Behandlung der Abwasserteilströme aus Lackiererei bzw. mechanischer Fertigung erwies sich die Ultrafiltration der Lackierereiabwässer aufgrund einer raschen Verblockung der Membran mit Farbrückständen als nicht umsetzbar. Die Filtration des emulsionshaltigen Abwassers (mechanische Fertigung) war hingegen betriebssicher, lieferte jedoch keine ausreichende Filtratqualität, um eine direkte Wiederverwendung als Prozesswasser zu ermöglichen. Der mittlere CSB-Filtratwert betrug ca. 2.900 mg/L.

4.3 MBR-BEHANDLUNG

Aufgrund der hohen organischen Restbelastung wurde neben den oben dargestellten chemisch-physikalischen Behandlungsverfahren auch die biologische Behandlung des Ablaufs der werkeigenen Abwasserbehandlungsanlage, der aus dem behandelten Gesamtabwasserstrom aus Lackiererei und mechanischer Fertigung besteht, untersucht. Die heutige Behandlung besteht aus einer Fällung/Flockung, Sedimentation und Flotationsstufe. Darauf aufbauend wurde mit dem Ziel einer hohen Abwasserqualität der Einsatz einer Membranbioreaktor-Anlage mit externer Cross-Flow-Filtration im Pilotmaßstab getestet. Hierbei ergaben sich hohe Abbauraten für den CSB von über 80%. Die mögliche Änderung der Abwasserbeschaffenheit durch eine Umsetzung der oben genannten prozessintegrierten Maßnahmen, wäre bei einer Umsetzung zu berücksichtigen. Das MBR-Filtrat mit einem Rest-CSB von ca. 400 mg/L eignet sich für eine weitergehende Aufbereitung zur Wiederverwendung als Prozesswasser.

Abschließend kann festgehalten werden, dass bei Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen der bereits heute sehr niedrige spezifische Abwasseranfall pro Fahrzeug, der in den vergangenen Jahren stagnierte, weiter gesenkt werden kann.

Das Projekt wurde hinsichtlich aller geplanten Inhalte erfolgreich umgesetzt und bietet eine Basis für eine Implementierung ausgewählter Verfahrensoptionen im Rahmen des Betriebes bzw. in einem möglichen Demonstrationsvorhaben.

Aachen, im Dezember 2008

RWTH Aachen - Aachener Verfahrenstechnik — i+f process GmbH

Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Jochen Herr

Dipl.-Ing. Christian Kazner

Dipl.-Ing. Sven Lyko

Dipl.-Ing. Daas Jabbour

Dipl.-Ing. Karl Manderscheid

LITERATUR

Marzinkowski, J. M., 2008. <http://mtech.wiwi.uni-wuppertal.de/index.php?id=832>.

Umwelterklärung Ford-Werke AG Standort Köln, 2002.

VDA, 2007. Auto annual report 2007. Verein der Automobilindustrie e.V., Frankfurt am Main, Germany, ISSN 0171-4317.