

TEXTE

98/2021

Abschlussbericht

Relevanz der gewerblichen Textil- und Geschirreinigung am Eintrag von Phosphat und anderen Phosphorverbindungen (P) in das Abwasser

von:

Dr.-Ing. Georg Mehlhart, Dr.-Ing. Winfried Bulach, Katja Moch, Markus Blepp
Öko-Institut e.V., Darmstadt

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 98/2021

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3716 64 411 0
FB000591

Abschlussbericht

Relevanz der gewerblichen Textil- und Geschirrrreinigung am Eintrag von Phosphat und anderen Phosphorverbindungen (P) in das Abwasser

von


Dr.-Ing. Georg Mehlhart, Dr.-Ing. Winfried Bulach, Katja Moch, Markus Blepp
Öko-Institut e.V., Darmstadt


Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 [/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

Öko-Institut e.V.
Rheinstraße 95
64295 Darmstadt

Abschlussdatum:

Mai 2018

Redaktion:

Fachgebiet IV 2.6 Wassergefährdende Stoffe
Sabine Sur

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juni 2021

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	9
1 Hintergrund und Zielstellung	11
2 Vorgehensweise und Methoden	12
2.1 Arbeitspaket 1	12
2.2 Arbeitspaket 2	14
2.3 Arbeitspaket 3	16
2.4 Arbeitspaket 4	16
3 Gewerbliche Geschirreinigung	17
3.1 Gerätekategorien	17
3.2 Technische Optionen	18
3.3 Hygieneanforderung	19
3.3.1 Schlussfolgerung aus den Hygieneanforderungen in Bezug auf den Einsatz von Phosphat in der gewerblichen Geschirreinigung	23
3.4 Ergebnisse der Literatur- und Internetrecherche zu Geschirrspülmitteln für gewerbliche Zwecke	23
3.4.1 Phosphate	23
3.4.1.1 Auswertung der Angaben zu Inhaltsstoffen und Anwendungsbereichen aus dem Internet	23
3.4.1.2 Informationen von Verbänden	24
3.4.1.3 Revision des Europäischen Umweltzeichens - kein Phosphatverbot	25
3.4.1.4 Fazit aus der Literatur- und Internetrecherche	25
3.4.2 Phosphonate	26
3.4.3 Zwischenfazit	26
3.5 Ergebnisse der Interviews zur gewerblichen Geschirreinigung	26
3.5.1 Übersicht über Produktarten, Anwendungsgebiete und Funktionen von Phosphorverbindungen in Wasch- und Reinigungsmitteln	27
3.5.2 Phosphate	27
3.5.3 Phosphonate	28
3.6 Quantifizierung der Phosphorverbindungen in gewerblichen Geschirrspülmitteln	29
3.6.1 Ergebnisse der Befragung der Hersteller von gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln	29
3.6.2 Berechnung der Einsatzmengen über Phosphorgehalte und Produktionsstatistik	29
3.6.3 Berechnung der Einsatzmengen über eine Abschätzung des aktuellen deutschen Maschinenparks	30
3.6.4 Vergleich der Angaben des IHO und der berechneten Mengen	34

4	Gewerbliche Textilreinigung	35
4.1	Gerätekatategorien	35
4.2	Technische Optionen	36
4.3	Hygieneanforderungen	36
4.3.1	Schlussfolgerung aus den Hygieneanforderungen in Bezug auf den Einsatz von Phosphat in der gewerblichen Textilreinigung	39
4.4	Ergebnisse der Literatur- und Internetrecherche zu gewerblichen Waschmitteln	39
4.4.1	Phosphate	39
4.4.2	Phosphonate	40
4.4.3	Zwischenfazit	40
4.5	Ergebnisse der Interviews zur gewerblichen Textilreinigung	40
4.5.1	Phosphate	40
4.5.2	Phosphonate	41
4.6	Quantifizierung der Phosphorverbindungen in gewerblichen Waschmitteln	42
4.6.1	Ergebnisse der Befragung der Hersteller von gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln	42
4.6.2	Berechnung der Einsatzmengen über Phosphorgehalte und Produktionsstatistik	42
4.6.3	Berechnung der Einsatzmengen über eine Abschätzung des aktuellen deutschen Maschinenparks	42
4.6.4	Vergleich der Angaben des IHO und der berechneten Mengen	44
5	Industrielle Reiniger	46
5.1	Erkenntnisse aus der Literaturrecherche	46
5.1.1.1	Fazit aus der Literaturrecherche	46
5.2	Ergänzende Informationen zu industriellen Reinigern	47
5.2.1	Phosphorsäure und Phosphat	47
5.2.2	Phosphonate	47
5.3	Quantifizierung der Phosphorverbindungen in industriellen Reinigern	47
5.3.1	Ergebnisse der Befragung der Hersteller von gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln	47
6	Abwasserrechtliche Regelungen und deren Wirkung auf eine mögliche Begrenzung von Phosphaten und anderen Phosphorverbindungen in gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln	49
6.1	Anforderungen entsprechend der Abwasserverordnung (AbwV)	49
6.2	Phosphorfrachten im kommunalen Abwasser	50
6.3	Ablauffrachten und Reinigungsleistung der Kläranlagen	52
6.4	Auswirkungen durch einen reduzierten Phosphor-Eintrag	55
6.5	Einträge in Gewässer	56

6.5.1	Anwendungsmengen von P-Verbindungen	56
6.5.2	Einträge aus der Anwendung von Phosphonaten.....	57
6.5.3	Einträge aus der Anwendung von Phosphaten und Phosphorsäure	57
6.5.4	Einleitungen aus der gewerblichen Anwendung der Reinigungsmittel in Kläranlagen der GK1 bis 3 die vermutlich nicht über eine P-Fällung verfügen	58
6.5.5	Emissionen im Fall von Mischwasserentlastungen.....	59
6.5.6	Vergleich mit anderen Einträgen in Gewässern.....	60
7	Zusammenfassung der Ergebnisse	62
7.1	Anwendungsmengen phosphorhaltiger Wasch- und Reinigungsmittel	62
7.2	Einflussfaktoren auf die Anwendung von Reinigungsmitteln und mögliche Anwendungsfälle für phosphorfreie Waschmittel und Reiniger	62
7.2.1	P-freie Anwendungen in der gewerblichen Geschirreinigung.....	67
7.2.2	P-freie Anwendungen in der gewerblichen Textilreinigung	67
7.3	Minderungen der Einträge in Gewässer	68
7.4	Ressourcenaspekte	68
8	Übersicht Akteure	69
9	Quellenverzeichnis.....	70
10	Anhang	74
10.1	Gewerbliche Geschirreinigung.....	74
10.1.1	Geschirrspülmaschinen mit Frischwasser-Spülsystem	74
10.1.2	Geschirrspülmaschinen mit Tankbetrieb	74
10.1.2.1	(Eintank- / Mehrtank-) Transportspülmaschine	76
10.2	Gewerbliche Textilreinigung.....	77
10.2.1	Kategorie WM2, WM3 und WM4 – Gewerbliche Waschschleudermaschinen	78
10.2.2	Kategorie WM5: Gewerbliche Waschtrockner	79
10.2.3	Kategorie WM6: Gewerbliche Trennwandwaschmaschinen.....	79
10.2.4	Kategorie WM7: Tunnelwaschmaschinen.....	79
10.3	Fragebogen für Hersteller von gewerblichen und industriellen Wasch- und Reinigungsmitteln	81

Berichtskennblatt

Berichtsnummer	UBA-FB 00
Titel des Berichts	Relevanz der gewerblichen Textil- und Geschirrrreinigung am Eintrag von Phosphat und anderen Phosphorverbindungen (P) in das Abwasser
Autor(en) (Name, Vorname)	Dr.-Ing. Georg Mehlhart Dr.-Ing. Winfried Bulach Katja Moch Markus Blepp
Durchführende Institution (Name, Anschrift)	Öko-Institut e. V. Rheinstr. 95 64295 Darmstadt
Fördernde Institution	Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau
Abschlussjahr	2017
Forschungskennzahl (FKZ)	FKZ 3716 64 411 0
Seitenzahl des Berichts	82
Zusätzliche Angaben	
Schlagwörter	Phosphorverbindungen, Phosphat, Phosphonat, Phosphorsäure, gewerbliche Waschmittel, gewerbliche Geschirrspülmittel, industrielle Reinigungsmittel

Report Cover Sheet

Report No.	UBA-FB 00
Report Title	Relevance of commercial textile and dish washing on the introduction of phosphate and other phosphorus compounds (P) into the waste water
Author(s) (Family Name, First Name)	Dr.-Ing. Georg Mehlhart Dr.-Ing. Winfried Bulach Katja Moch Markus Blepp
Performing Organisation (Name, Address)	Öko-Institut e. V. Rheinstr. 95 64295 Darmstadt
Funding Agency	Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau
Report Date (Year)	2017
Project No. (FKZ)	FKZ 3716 64 411 0
No. of Pages	82
Supplementary Notes	
Keywords	Phosphorus compounds, phosphate, phosphonate, phosphoric acid, industrial laundry detergents, industrial dishwashing detergents, industrial detergents

Kurzbeschreibung

Die Phosphormengen in Waschmitteln und in Maschinengeschirrspülmitteln sind über die europäische Detergenzienverordnung in Produkten für den privaten Endverbraucher begrenzt. Für den gewerblichen Bereich existieren in der Phosphathöchstmengenverordnung (PHöchstMengV) Grenzwerte für Waschmittel, welche durch das in Kraft treten der Detergenzienverordnung teilweise außer Kraft gesetzt wurden. Das Vorhaben liefert Informationen, ob es zum Schutz der Umwelt erforderlich ist, eine Anpassung der geltenden Phosphat-Begrenzung in der PHöchstMengV für Waschmittel der gewerblichen Textilreinigungen vorzunehmen und den Anwendungsbereich der PHöchstMengV um die gewerbliche maschinelle Geschirreinigung zu erweitern.

Im Rahmen der des Projektes wurden die Gründe der Nutzung von P-Verbindungen in der gewerblichen Textil- und Geschirreinigungen und die eingesetzten Mengen recherchiert. Zusätzlich wurden Vergleichswerte auf Basis der Produktion von Wasch- und Reinigungsmitteln und den vorhandenen Maschinenparks ermittelt. Diese Ergebnisse wurden Berechnungen über den Zulauf der öffentlichen Kläranlagen gegenüber gestellt. In der Gesamtschau wird von einem Eintrag in das Abwasser aus Phosphaten und Phosphorsäure aus der gewerblichen Textil- und Geschirreinigungen sowie von industriellen Reinigern von 3 000 bis 5 000 t Phosphor pro Jahr ausgegangen. Die Spannbreite für Phosphor aus Phosphonaten wurde mit 120 bis 1 332 t P_{ges} / a ermittelt.

Phosphat wird in Kläranlagen gezielt zurückgehalten. Anhand der Berechnungen kann mit Einträgen aus Phosphat und Phosphorsäure in die Gewässer zwischen 167 und 369 t P_{ges} / a, entsprechend etwa 0,7 bis 1,6 % der gesamten P_{ges} Einträge, gerechnet werden. Die Rückhalteleistung der Kläranlagen für Phosphor aus Phosphonaten ist Gegenstand laufender Forschungsvorhaben. Unter Berücksichtigung der Annahme, dass 50% zurückgehalten werden ergeben sich Emissionen von 60 bis 666 t P_{ges} / a, entsprechend etwa 0,3 % bis 3 % der gesamten P_{ges} Einträge in Oberflächengewässer.

Abstract

The amounts of phosphorus in laundry and in machine dishwashing detergents are limited by the European Detergent Regulation in products for the private consumer. For the commercial sector, there are limits for detergents in the Order on Maximum Amounts of Phosphate (PHöchstMengV), which were partially abrogated by the European Detergent Regulation. The project provides information on whether an adaptation of the existing phosphate limitation in the PHöchstMengV for detergents used in commercial laundry and an extension of the scope by including the commercial machine dishwashing is required to protect the environment.

In the course of the research, the reasons of the use of P-compounds in the commercial laundry and dishwashing were examined and the amounts used inquired. In addition, comparative values were determined based on the production of detergents and cleaners and the existing machinery. These results were compared with calculations on the inflow of public sewage treatment plants. Overall, an entry into the wastewater from phosphates and phosphoric acid from commercial laundry, dishwashing and industrial cleaners from 3 000 to 5 000 t total phosphorus per year (TP/ a) is assumed. The range for phosphorus from phosphonates was determined to be 120 to 1 332 t TP/ a.

Phosphate is retained in wastewater treatment plants (WWTP). On the basis of the calculations, inputs of phosphate and phosphoric acid into natural waters between 167 and 369 t TP/a, correspondingly about 0.7 to 1.6% of the total TP inputs can be calculated. The retention capacity of WWTP for phosphorus from phosphonates is the subject of ongoing research projects. Taking into account the assumption that 50% can be retained, emissions of 60 to 666 t TP/a from phosphonate can result here corresponding to about 0.3% to 3% of the total P_{ges} inputs into the surface waters.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Produktion von Geschirrspülmitteln, n.A.E. ²⁹ in t in Deutschland von 2010 bis 2015.....	30
Abbildung 6-1:	Summenhäufigkeit der P _{ges} -Konzentrationen im Ablauf der kommunalen Kläranlagen (Jahresmittelwert 2013)	54
Abbildung 7-1:	Einflussfaktoren auf das Reinigungsergebnis	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Übersicht der Spülmaschinenkategorien im gewerblichen Bereich.....	17
Tabelle 3-2:	Hygienischen Anforderungen an das Spülergebnis von DIN 10510, 10512 und DIN SPEC 10534	20
Tabelle 3-3:	Temperaturangaben zum Betreiben der gewerblichen Spülmaschinen mit und ohne Desinfektionskomponente.....	21
Tabelle 3-4:	Grenzwerte für den Gesamtgehalt an Phosphaten und sonstigen Phosphorverbindungen in Gramm Phosphor pro Liter Wasser (nach Beschluss (EU) 2017/1215 der Kommission vom 23. Juni 2017 zur Festlegung der Kriterien für die Vergabe des EU-Umweltzeichens für Maschinengeschirrspülmittel für den industriellen und institutionellen Bereich)	25
Tabelle 3-5:	Produktarten, Anwendungsgebiete und Funktionen von Phosphorverbindungen in Wasch- und Reinigungsmitteln	27
Tabelle 3-6:	Zusammensetzung eines gewerblichen Geschirreinigers: Testreiniger nach DIN 10511 und 10512, sowie DIN SPEC 10534	30
Tabelle 3-7:	Jährliche Verbrauchsdaten aller Spülmaschinentypen im gewerblichen Bereich (unter realen Bedingungen).....	32
Tabelle 3-8:	Berechnete Einsatzmengen für Phosphate und Phosphonate für alle Spülmaschinentypen im gewerblichen Bereich (unter realen Bedingungen).....	33
Tabelle 3-9:	Vergleich der angegebenen und berechneten Einsatzmengen für Phosphate und Phosphonate in der gewerblichen Geschirreinigung.....	34
Tabelle 4-1:	Übersicht der Waschmaschinenkategorien im gewerblichen Bereich.....	35
Tabelle 4-2:	Mikrobiologischen Anforderungen nach RAL-GZ 992/2,3 und 4; KBE: zulässige keimbildende Einheiten.....	38
Tabelle 4-3:	Produktion von Wasch- und Waschhilfsmitteln, n.A.E. ²⁹ in t in Deutschland von 2010 bis 2015.....	42
Tabelle 4-4:	Jährliche Verbrauchsdaten aller Waschmaschinenkategorien im gewerblichen Bereich in Deutschland (unter realen Bedingungen).....	43
Tabelle 4-5:	Berechnete Einsatzmengen für Phosphate und Phosphonate für alle Waschmaschinentypen im gewerblichen Bereich (unter realen Bedingungen).....	43
Tabelle 4-6:	Vergleich der angegebenen und berechneten Einsatzmengen für Phosphate und Phosphonate in der gewerblichen Textilreinigung	44
Tabelle 5-1:	Massenanteile für Phosphorsäure, Phosphate und Phosphonate in industriellen Reinigern.....	48
Tabelle 6-1:	Anforderungen der AbwV für häusliches und kommunales Abwasser bezüglich P_{ges}	50
Tabelle 6-2:	Anforderungen der AbwV für Abwasser aus der Textilherstellung, Textilveredelung sowie Wäschereien und Wollwäschereien bezüglich P_{ges}	50

Tabelle 6-3:	Herkunft des P_{ges} im häuslichen Abwasser in Gramm pro Person und Tag	51
Tabelle 6-4:	Zulauf fracht an P_{ges} in kommunalen Kläranlagen.....	52
Tabelle 6-5:	Ablauf fracht an P_{ges} aus kommunalen Kläranlagen für 2013 nach DWA.....	54
Tabelle 6-6:	Ablauf fracht an P_{ges} aus kommunalen Kläranlagen für 2013 nach Statistischem Bundesamt	55
Tabelle 6-7:	Rechnerisch mögliche Phosphor Emissionen durch gewerbliche Anwendung von Reinigungsmitteln und Einleitung der Abwässer in Kläranlagen der GK1 bis 3 die nicht über eine P-Fällung verfügen (Für eine Spanne von 3.000 - 5.000 t P_{ges} im Zulauf)	59
Tabelle 6-8:	Phosphoreinträge aus Punktquellen und diffusen Quellen in die Oberflächengewässer in Deutschland; Gesamtposphoreinträge in 1.000 t / a.....	61
Tabelle 7-1:	Anwendungsfälle für P-Verbindungen bei der gewerblichen Geschirrrreinigung	64
Tabelle 7-2:	Anwendungsfälle für P-Verbindungen bei der gewerblichen Textilreinigung	65
Tabelle 7-3:	Anwendungsfälle für P-Verbindungen bei Industriereinigern.....	66

1 Hintergrund und Zielstellung

Die Verordnung (EG) Nr. 648/2004 über Detergenzien (EG-DetergV) beschränkt den Phosphorgehalt der *für den Verbraucher* bestimmten Maschinengeschirrspülmittel¹ seit dem 01.01.2017 auf kleiner 0,3 Gramm Phosphor in der *Standarddosierung*². Der Phosphorgehalt in *für den Verbraucher bestimmten Waschmitteln*³ muss bereits seit dem 30.06.2013 weniger als 0,5 Gramm Phosphor pro *Hauptwaschgang*⁴ betragen. Laut dem ersten Erwägungsgrund der EG-DetergV dienen diese Regelungen dazu, *den Beitrag der Phosphate in Detergenzien zur Eutrophierung und die Kosten für die Eliminierung von Phosphaten in Kläranlagen zu senken*.

Die EG-DetergV gibt allerdings keine Phosphorgrenzwerte für Wasch- und Reinigungsmittel im gewerblichen und industriellen Bereich vor. Eine derartige Begrenzung ist gemäß der EG-DetergV über eine einzelstaatliche Regelung möglich, wenn dies dem Schutz von Umwelt und Gesundheit dient, technisch machbar und wirtschaftlich vertretbar ist (EG-DetergV, Artikel 14(2)). In Deutschland gibt es für Wäschereien bereits Grenzwerte in der Phosphathöchstmengenverordnung vom 4. Juni 1980 (PHöchstMengV) für den Phosphorgehalt in der Waschlauge unter bestimmten, in der PHöchstMengV aufgeführten Rahmenbedingungen. Für Maschinengeschirrspülmittel in der gewerblichen Anwendung gibt es derzeit in Deutschland noch keine Regulierung.

Das Ziel des Projekts ist die Überprüfung der aktuellen rechtlichen Regelung zum Phosphorgrenzwert in der PHöchstMengV für gewerbliche und industrielle Wasch- und Reinigungsmittel. In diesem Zusammenhang soll der Stand der Technik der gewerblichen Textil- und Geschirrrreinigung, vor allem im Hinblick auf den Einsatz von Phosphaten und weiteren Phosphorverbindungen, dargestellt sowie Verfahren identifiziert werden, welche Phosphoremissionen bedingen bzw. vermeiden können. Die Wirkung des Vermeidungspotentials auf die Umwelt (inklusive der Aufwendungen in Kläranlagen) ist entsprechend darzustellen.

Vor dem Hintergrund der unionsrechtlichen Anforderungen an die Regelung nationaler Phosphorgrenzwerte soll das Vorhaben Erkenntnisse zu der Frage liefern, ob es zum Schutz der Umwelt erforderlich ist, eine Anpassung der geltenden Phosphat-Begrenzung in der PHöchstMengV für Waschmittel der gewerblichen Textilreinigungen an den technischen Fortschritt vorzunehmen und den Anwendungsbereich der PHöchstMengV um die gewerbliche maschinelle Geschirrrreinigung zu erweitern.

¹ Laut EG-DetergV, „ein Detergens, das für die Verwendung durch nichtberufsmäßige Nutzer in Geschirrspülmaschinen in Verkehr gebracht wird“.

² Details zur Definition der *Standarddosierung* siehe EG-DetergV, Anhang VIa und Anhang VII Teil B.

³ „Ein Detergens für Wäsche, das zur Verwendung durch nichtberufsmäßige Nutzer, einschließlich in öffentlichen Waschsälen, in Verkehr gebracht wird“ (EG-DetergV)

⁴ Details zu den Bedingungen für den *Hauptwaschgang* siehe EG-DetergV, Anhang VIa und Anhang VII Abschnitt B; Definitionen zur Standarddosierung und den Bedingungen für den Hauptwaschgang finden sich in den Anlagen der EG-DetergV unter entsprechend definierten Bedingungen)

2 Vorgehensweise und Methoden

Das Forschungsvorhaben ist in vier inhaltliche Arbeitspakete (AP) gegliedert.

2.1 Arbeitspaket 1

In AP 1 erfolgte eine umfassende Literatur- und Internetrecherche zum Stand der Technik von Verfahren der gewerblichen Textil- und Geschirreinigung in Bezug auf den Einsatz von Phosphaten und anderen Phosphorverbindungen. Es wird dargestellt, in welchen Verfahren und welchen Bereichen phosphatfreie Produkte eingesetzt werden und wo der Einsatz von Phosphat notwendig ist.

Im Arbeitspaket 1 bestand der erste Schritt in einer umfassenden Literatur- und Internetrecherche. Das Ziel der Recherche war es den Einsatz von Phosphaten und anderen Phosphorverbindungen in der gewerblichen Textil- und Reinigungsmittelbranche zu identifizieren. Um den Stand der Technik in Bezug auf den Einsatz von Phosphaten und anderen Phosphorverbindungen darzustellen, wurden die Verfahren der gewerblichen Textil- und Geschirreinigung und den jeweiligen Einsatzbereichen und den zur Reinigung verwendeten Produkten betrachtet.

Bei der Beschreibung der Geräte und Verfahren wurde auf die Ergebnisse der im Rahmen des Ökodesign-Prozesses durchgeführten Vorstudien „Lot 24 - Professional washing machines, dryers and dishwasher“ für die gewerblichen Wasch- und Spülgeräte aufgebaut.⁵ Auf diese wird im Folgenden mit dem Namenskürzel „Ökodesign-Studien“ Bezug genommen. Im Zuge dieser „Ökodesign-Studien“ wurden gemeinsam mit Geräteherstellern Gerätekategorien für die gewerbliche Geschirreinigung und die gewerbliche Textilreinigung und deren Nutzungsbedingungen beschrieben. Aus den dortigen Arbeiten gehen die in den Anlagen dargestellten Beschreibungen der Gerätekategorien und Kundensegmente im gewerblichen Bereich der Textil- und Geschirreinigung hervor.

Die Inhaltsstoffangaben (phosphorhaltig/phosphorfrei) zu gewerblichen Wasch- und Geschirrspülmitteln wurden über Sicherheitsdatenblätter und technische Datenblätter auf einem Onlineshop für Hygiene- und Reinigungsmittel recherchiert: hygi.de GmbH & Co. KG⁶ ist nach eigenen Angaben einer der führenden Onlineshops für gewerbliche Wasch- und Reinigungsmittel in Deutschland. Ergänzend wurde auch das Angebot weiterer Onlineportale für gewerbliche Reinigungsmittel und Reinigungszubehör verglichen, wie z. B. Jeikner KG,⁷ Mawago UG⁸ oder mundizio GmbH.⁹

Die Angaben zu den Mengenanteilen der Inhaltsstoffe erfolgen in den Produktbeschreibungen und Sicherheitsdatenblättern in Gewichtsanteilen, wie in Anhang VII der EG-DetergV festgelegt:

- ▶ unter 5 %,
- ▶ 5 % und darüber, jedoch weniger als 15 %,
- ▶ 15 % und darüber, jedoch weniger als 30 %,
- ▶ 30 % und darüber.

Im Bereich der gewerblichen Geschirreinigung wurden zudem bei den Reinigungsmitteln eines Geräteherstellers die Inhaltsstoffangaben und die Beschreibung der Anwendungsbereiche daraufhin verglichen, ob der Einsatz von Phosphat und anderen Phosphorverbindungen in einer besonderen Leis-

⁵ Die Berichte der Vorstudien sind unter dem Titel „(Lot 24) Professional washing machines, dryers and dishwasher“ auf folgender Internetseite erhältlich: <http://www.eup-network.de/product-groups/preparatory-studies/completed/>. Diese Berichte werden folgendermaßen zitiert: Für die Geschirreinigung als (Rüdenauer et al. 2011) und für die Textilreinigung als Graulich et al. (2011).

⁶ <http://www.hygi.de/reinigungsmittel.html>

⁷ <https://www.jeikner.de/reinigungsmittel.html>

⁸ http://www.mawago.de/reinigungsmittel-waschmittel-pflegemittel_c.html

⁹ <http://www.mundizio.de/Reinigungsmittel>

tung des Produktes begründet liegt. Zu einzelnen Spezialanwendungen, bei denen der Gerätehersteller keine phosphatfreien Produkte im Angebot hatte, wurde in einer allgemeinen Internetrecherche geprüft, ob phosphatfreie Produkte mit der gleichen Anwendungsbeschreibung erhältlich sind.

Die Internetseiten der relevanten Verbände wurden auf Mengenangaben zum Phosphoreinsatz und zu Stellungnahmen zum Thema überprüft. Im Einzelnen waren dies folgende Verbände: Industrieverband für Hygiene und Oberflächenschutz für industrielle und institutionelle Anwendung e.V. (IHO), Deutscher Textilreinigungs-Verband e.V., Fachverband für Wäscherei-, Textil- und Versorgungsmanagement e.V., Industrieverband Textil Service - intex e.V. und der VGG - Vereinigung gewerbliches Geschirrspülen e.V. sowie auch die Internetseiten des wfk - Cleaning Technology Institute e.V.

Des Weiteren wurden Recherchen in wissenschaftlichen Zeitschriften durchgeführt. Die Auswahl der Zeitschriften erfolgte über die Sichtung der Zeitschriftenkataloge der großen wissenschaftlichen Verlage (Elsevier, Springer, Wiley, Taylor & Francis Group, Sage Publishing) und wurde ergänzt durch Hinweise des Umweltbundesamtes. Hierbei wurden folgende Zeitschriften als relevant erachtet und ihre Inhalte wurden nach den unten genannten Schlagwörtern durchsucht:

- ▶ Water Research
- ▶ Water Environment Research
- ▶ Focus On Surfactants
- ▶ Water Science and Technology
- ▶ Desalination and Water Treatment
- ▶ Journal of Cleaner Production
- ▶ gwf - Wasser|Abwasser
- ▶ Chemie Ingenieur Technik
- ▶ KA Korrespondenz Abwasser, Abfall
- ▶ SOFW Journal.

Die Schlagwörter für die Suche waren Phosphat, Phosphonat und Phosphorverbindungen in Kombination mit Waschmittel, Reinigungsmittel, Geschirrrreiniger, Textilreinigung, Geschirrrreinigung in deutscher bzw. englischer Form. Ferner wurden die Datenbanken der Wissenschaftsverlage Elsevier B.V. (ScienceDirect), Springer, Wiley (Wiley Online Library), Taylor & Francis Group und Sage Publishing durchsucht. Das Environmental Discovery System (EDS)¹⁰ der Fachbibliothek Umwelt des UBA wurde ebenfalls herangezogen, um die Suche zu ergänzen. Hierbei wurden die Jahresinhaltsverzeichnisse der letzten 10 Jahre und über 1100 mit Schlagwörtern gefundene Artikel überprüft. Hierbei wurden wenige Artikel zum gesuchten Thema gefunden (Rähse 2013) (Van Hoof 2016). Aber auch aus diesen lassen sich keine Rückschlüsse auf die aktuelle Zusammensetzung von gewerblichen und industriellen Wasch- und Reinigungsmitteln ziehen. Es wurden noch weitere Artikel in der Zeitschrift *Focus on Surfactants* gefunden, (siehe Quellenverzeichnis) welche z. B. über das Verbot von Phosphat in Wasch- und Reinigungsmitteln in verschiedenen europäischen Ländern berichten. Diese behandeln die Anwendung im privaten Bereich, so wie auch die Studie für die Europäische Kommission zur *Evaluation of the use of phosphates in Consumer Automatic Dishwasher Detergents (CADD)* (BIO by Deloitte 2014), die sich auf einige der genannten Quellen in *Focus on Surfactants* bezieht.

Zusätzlich wurde eine Patentsuche auf DEPATISnet¹¹ durchgeführt.

Die Patentsuche mit den Schlagwörtern Laundry und Phosphate ergab 140 Treffer. Diese Patente, welche den Zeitraum von 1978 bis 2016 abdecken, beschreiben fast alle phosphatarme bzw. phosphat-

¹⁰ <http://eds.a.ebscohost.com/eds/search/basic?sid=0d6fbee4-18ae-4d0c-9fae-01974b3eb54c%40sessionmgr4006&vid=0&hid=4210>

¹¹ <https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/>

freie Waschmittel, wobei 89 Colgate-Palmolive Co. und 32 von Procter & Gamble stammen. Hierbei wurden die Doppelzählungen durch die verschiedenen Patentregionen nicht herausgefiltert.

Eine Patentsuche für die Schlagwörter Dishwashing und Phosphate erbrachte 146 Treffer. 33 davon behandeln Geschirrspülmittel mit Phosphat. Alle übrigen beschreiben phosphatarme bzw. -freie Geschirrrreiniger. Die meisten Patente stammen von Procter & Gamble (34) und Colgate-Palmolive Co. (24). Die übrigen Patente verteilen sich mit jeweils rund 10 auf Henkel KGaA, BASF, Church & Dwight Co. Inc. und Access Business Group Int. LLC.

In den Patenten wird keine Aussage getroffen, ob die patentierten Formulierungen nur für den privaten oder auch für den gewerblichen Bereich geeignet sind.

Die Recherche zu Herstellern und Anwendern von gewerblichen Wasch- und Geschirrspülmitteln sowie zu Herstellern von gewerblichen Wasch- und Geschirrspülmaschinen setzte auf bestehenden Akteurs-Listen des Öko-Instituts aus vorangegangenen Projekten auf. Diese wurden ergänzt durch die Mitgliedsfirmen des IHO sowie durch Firmen, die Reiniger auf den oben erwähnten Onlineportalen anbieten.

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe hat in einem Rohstoffwirtschaftlichen Steckbrief (BGR 2014)¹² die Rohstoffhersteller von Phosphat und anderen Phosphorverbindungen aufgeführt: ICL Fertilizer Deutschland GmbH, Compo GmbH & Co. KG, BASF SE, Chemische Fabrik Budenheim KG, ICL Performance Products (BK Giulini GmbH), ICL-IP Bitterfeld GmbH, LANXESS Deutschland GmbH, Caldic Deutschland Chemie B. V., PCC SE, Sika Deutschland GmbH. Die Internetauftritte der genannten Unternehmen wurden geprüft, ob Produkte für Wasch- und Reinigungsmittel angeboten werden. Zusätzlich wurde die Internetseite der Vereinigung der Seifen-, Parfüm-, Kosmetik- und Waschmittelfachleute e.V. SEPAWA¹³ auf eine Erwähnung der Unternehmen geprüft.

Zu Reinigungsmitteln in anderen industriellen Bereichen wurde eine allgemeine Internetrecherche durchgeführt: Als Suchworte wurden die verschiedenen Anwendungsbereiche für Wasch- und Reinigungsmittel (z. B. Metallreinigung, Fahrzeugreinigung, Viehwirtschaft etc.) zusammen mit dem Suchwort Phosphat eingegeben. Die Suchergebnisse wurden auf phosphathaltige Reiniger und Reiniger mit weiteren Phosphorverbindungen geprüft.

2.2 Arbeitspaket 2

In AP 2 erfolgte eine Datenerhebung bei Herstellern von gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln, um eine Abschätzung zu den eingesetzten Mengen an Phosphaten und anderen Phosphorverbindungen in diesen Mitteln zu erhalten. Zudem wurden die offenen Fragen aus AP 1 im Dialog mit Wasch- und Reinigungsmittelherstellern, Maschinenherstellern, Rohstoffherstellern und Anwendern diskutiert um Wissenslücken zu schließen. Das Ziel von Arbeitspaket 2 war es, den Einsatz von Phosphaten und anderen Phosphorverbindungen in der gewerblichen Textil- und Reinigungsmittelbranche zu quantifizieren und offene Fragen aus AP 1 zu klären. Für die Quantifizierung wurden vier Wege identifiziert, welche die Gesamteinsatzmengen abbilden können:

1. Eine Befragung der Hersteller von gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln
2. Eine Befragung der Rohstoffhersteller zu den an gewerbliche Wasch- und Reinigungsmittelhersteller verkauften Mengen an Phosphorverbindungen

¹² Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR (2014): Phosphat Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover Juli 2014;
http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohstoffsteckbrief_phosphat2014.pdf?__blob=publicationFile&v=2

¹³ http://www.sepawa.de/index/sepawa/sepawa_business.html

3. Eine Berechnung über die Gehalte an Phosphorverbindungen in gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln, kombiniert mit der Produktionsstatistik dieser Mittel
4. Eine Berechnung über die Nutzung mit einer Abschätzung des aktuellen deutschen Maschinenparks

Für die ersten beiden Quantifizierungswege bestand der erste Schritt in der Erstellung von Fragebögen, mit deren Hilfe Daten bei Herstellern von gewerblich und industriell genutzten Wasch- und Geschirrspülmaschinen, Wasch- und Reinigungsmitteln sowie deren Rohstofflieferanten erhoben wurden. Das Ziel dieser Erhebung war es, quantitative Daten zum Einsatz von phosphorhaltigen Verbindungen zu erhalten. Im Zuge dieser Datenerhebung wurden Firmen identifiziert, welche bereit waren, tiefergehende Fragen bei einem Besuch zu beantworten.

Es wurden 56 Wasch- und Reinigungsmittelhersteller befragt. 35 der Firmen wollten sich nicht beteiligen. 5 der Firmen verwiesen darauf, selbst keine Wasch- und Reinigungsmittel herzustellen bzw. solche herzustellen, die nicht im Fokus der Untersuchung liegen (z. B. Walzenreiniger auf Kohlenwasserstoffbasis). 14 Firmen verwiesen auf den IHO und dessen koordinierte Antwort. Nur drei Firmen beantworteten den Fragebogen. Nachdem der Rücklauf der Datenerhebung nicht hoch genug war um eine quantitative Abschätzung der in gewerblichen und industriellen Wasch- und Reinigungsmitteln eingesetzten Phosphorverbindungen vorzunehmen und viele Firmen angaben, über den IHO antworten zu wollen, wurde die Rückantwort über den IHO abgewartet. Mit dem Schreiben vom 28.07.2017 stellte der IHO Angaben zum Einsatz von Phosphorsäure, Phosphaten und Phosphonaten in gewerblichen und industriellen Wasch- und Reinigungsmitteln zur Verfügung.

Neben den Wasch- und Reinigungsmittelherstellern wurden vier Rohstoffhersteller befragt, die alle keine Antwort gaben. Fünf Hersteller von gewerblichen Waschmaschinen wurden befragt, von denen zwei eine Antwort gegeben haben. Sechs Hersteller von gewerblichen Geschirrspülmaschinen wurden befragt, von denen nur eine einen ausgefüllten Fragebogen zurücksandte.

Für den dritten und vierten oben dargestellten Quantifizierungsweg wurden bereits Berechnungen in AP 1 vorgenommen, welche durch Erkenntnisse aus den Besuchen der Wasch- und Reinigungsmittelhersteller sowie der Anwender in AP 2 weiter präzisiert und ergänzt wurden.

Zur Beantwortung der offenen Fragen aus AP 1 und zur eben genannten Präzisierung und Ergänzung der Quantifizierung wurden zwei Wasch- und Reinigungsmittelhersteller sowie zwei Hersteller der zugehörigen Maschinenteknik besucht. Zusätzlich wurden eine Großwäscherei sowie ein Gastronomiebetrieb besucht. Hier sollte ergänzend zur Beantwortung der offenen Fragen und der Quantifizierung die Praxis der Anwender von gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln näher beleuchtet werden.

Die Quantifizierung über die Rohstoffhersteller konnte aufgrund mangelnder Rückläufe nicht realisiert werden, aber die Ergebnisse der drei übrigen Quantifizierungswege wurden miteinander verglichen und diskutiert.

Die Erkenntnisse aus den vor-Ort-Besuchen wurden in anonymisierter Form genutzt, um die offenen Fragen aus AP 1 zu beantworten.

Die Ergebnisse aus AP 1 und AP 2 werden, differenziert nach den unterschiedlichen Anwendungsbereichen in den folgenden Kapiteln dargestellt:

Kapitel 3 für die gewerbliche Geschirrrreinigung

Kapitel 4 für die gewerbliche Textilreinigung

Kapitel 5 für industrielle Reiniger.

2.3 Arbeitspaket 3

In AP 3 werden die abwasserrechtlichen Regelungen und Anforderungen im Hinblick auf die Beschränkung von Phosphoremissionen sowie deren technische Umsetzung dargestellt. Zudem wird überprüft, ob eine Begrenzung von Phosphor in gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln eine Reduzierung von Phosphoremissionen in die Gewässer zur Folge haben würde. Aufbauend auf die Ergebnisse aus AP 1 und AP 2 werden entsprechende Frachtberechnungen über eine mögliche Reduzierung der P-Einträge erstellt sowie das mögliche Kosteneinsparpotential bei der Abwasserbehandlung abgeschätzt.

Die Grundlagen und Ergebnisse der Berechnungen sind in Kapitel 6 „Abwasserrechtliche Regelungen und deren Wirkung auf eine mögliche Begrenzung von Phosphaten und anderen Phosphorverbindungen in gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln“ dargestellt.

2.4 Arbeitspaket 4

In AP 4 werden die Ergebnisse der drei vorigen Arbeitspakete zusammengeführt und vor dem Hintergrund der Richtlinie 2000/60/EG (EG-Wasserrahmenrichtlinie) und den Zielen für die Ostsee, wie sie sich aus dem Baltic Sea Action Plan 2007 ergeben der auf dem Ministertreffen der HELCOM¹⁴ 2007 beschlossen wurde, diskutiert.

¹⁴ Baltic Marine Environment Protection Commission - Helsinki Commission

3 Gewerbliche Geschirrrreinigung

Gewerbliche Spülmaschinen unterscheiden sich im Hinblick auf ihr Leistungsvermögen, Energie-, Wasser- und Reinigungsmittelbedarf sowie ihren Aufbau erheblich. Dementsprechend gibt es nicht „die eine“ gewerbliche Spülmaschine, sondern es müssen unterschiedliche Spülmaschinen-Kategorien betrachtet werden. Die Anforderungen an die Spülleistung (z. B. Anzahl Teller pro Stunde und Art des Spülgutes) ist in der Regel der zentrale Aspekt für die Wahl einer bestimmten Gerätekategorie einer gewerblichen Spülmaschine. Daneben spielen noch andere Aspekte eine wichtige Rolle (z. B. bauliche Gegebenheiten, geplante Arbeitsabläufe, Belastbarkeit des Stromanschlusses).

3.1 Gerätekategorien

Im Rahmen von (Rüdenauer et al. 2011) wurden die verschiedenen zur Anwendung kommenden Spülmaschinenkategorien kategorisiert (siehe nachfolgende Tabelle).

Tabelle 3-1: Übersicht der Spülmaschinenkategorien im gewerblichen Bereich

Spülmaschinenkategorien im gewerblichen Bereich	Wasserkreislauf	Beladungsart	Spülgut	Anwendung	Kundensegment
Nr. 1 Untertischgeschirrspülmaschinen (Frischwasser-Spülsystem)	Frischwasser-Spülsystem	Frontlader	vornehmlich Geschirr, Gläser, Tassen, Besteck	Halbgewerblich	Bars, Kleinere Gaststätten, Restaurants, Büros, Vereinsheim, Kindergarten, Hotels, Konferenzgebäude, Supermärkte, Schulen, Raststätte
Nr. 2 Untertischgeschirrspülmaschinen mit einem Tank	Tanksystem			Gewerblich	Bars, Gaststätten, Hotels, Tagungshäuser, Altenheime, Konferenzgebäude, Tankstellen, Raststätte
Nr. 3 Hauben- (Durchlauf)spülmaschine					Durchlauf (-Schub)
Nr. 4 Universal-spülmaschinen		Frontlader und Durchlauf (-Schub)	Schwarzgeschirr Töpfe, Pfannen, Behältnissen oder anderen meist großen Utensilien		Gastronomie/Küche, (industrielle) Bäckerei, Metzgerei, Autobahnraststätte
Nr. 5 Eintank-Transportmaschinen		k.A.	vornehmlich Geschirr,		Mittel-große Firmenkantinen, Krankenhäuser, Mensen, Caterer

Spülmaschinenkategorien im gewerblichen Bereich	Wasserkreislauf	Beladungsart	Spülgut	Anwendung	Kundensegment
Nr. 6 Mehrtank-Transportmaschinen		k.A.	Gläser, Tassen, Besteck aber auch Schwarzgeschirr		Große Firmenkantinen, Krankenhäuser, Mensen, Caterer

Quelle: nach (Rüdenauer et al. 2011)

Einige der Kategorien können zusammengefasst werden: z. B. arbeiten alle Spülmaschinen der Kategorien 2 bis 6 mit einem Tanksystem, bei dem die Reinigungslösung innerhalb der Maschine zirkuliert und nicht vollständig zwischen den Spülzyklen verändert wird. Im Gegensatz dazu verwenden Geschirrspüler der Kategorie 1 für jeden Zyklus Frischwasser. Ähnliche Gruppen von bestimmten Eigenschaften gelten für andere Aspekte, wie Funktionsprinzip, Art der Belastung, etc.

In den folgenden Abschnitten wird die Hauptfunktion von Geschirrspülern mit Wasserwechselbetrieb und Tankbetrieb beschrieben. Spülmaschinen mit Tankbetrieb können weiter in Programmautomaten und Transportspülmaschinen unterteilt werden.

Der grundlegende Unterschied zwischen Geschirrspülmaschinen mit Frischwasser-Spülsystem (Kategorie 1) und solchen mit Tankbetrieb (Kategorien 2 – 6) besteht darin, dass Geschirrspülmaschinen in Kategorie 1 frisches Wasser für jeden Programmschritt verwenden, während alle anderen Maschinen mit einem Tanksystem von entweder einem Tank (Kategorien 2 – 5) oder mehreren Tanks (Kategorie 6) arbeiten. Die technische Beschreibung der einzelnen Spülmaschinenkategorien im gewerblichen Bereich befinden sich im Anhang 10.1.

3.2 Technische Optionen

Für die Reduktion von Reinigungsmitteln gibt es kaum spezifische technische Verbesserungsoptionen. Der Reinigungsmittelverbrauch ist proportional zum Wasserverbrauch, da eine optimale Konzentration an Reinigungsmittel erreicht werden muss. Somit wird, wenn der gesamte Wasserverbrauch reduziert wird, der Verbrauch an Reinigungsmitteln ebenfalls abnehmen. Die Dosierung des Reinigungsmittels erfolgt bei allen Kategorien automatisch.

Viele Anbieter gewerblicher Spülmaschinen haben inzwischen Maschinen mit Betriebsdatenerfassung im Programm, d. h. die Aktivitäten der Spülmaschine und des Betriebspersonals werden lückenlos aufgezeichnet. So werden z. B. die Transportgeschwindigkeit, Ein-/Aus-Zeiten, die Temperaturen des Spülprozesses sowie die Stand-by-Zeiten stetig fortgeschrieben. Diese Angaben können dazu genutzt werden, die ökologischen Belastungen aus dem Einsatz von Energie-, Wasser- und Reiniger/Klarspüler zu reduzieren und die Arbeitsproduktivität zu optimieren.

Für die Reinigung des Geschirrs müssen fünf Faktoren zusammenwirken (siehe auch Küche und Technik-Handbuch für gewerbliche Küchen sowie DIN 10510):

- ▶ Reinigungs- und Klarspültemperatur (thermischer Energieverbrauch)
- ▶ Mechanik (mechanischer Energieverbrauch)
- ▶ Art und Konzentration von Reiniger und Klarspüler (auch abhängig von Spültemperatur, Spül-
druck)
- ▶ Zeit (beeinflusst den Energieverbrauch und die Kosten)
- ▶ Wassermenge (beeinflusst den Energieverbrauch, die Menge an Reiniger und an Klarspüler)

Die benötigte Zeit wirkt sich zwar auf den Verbrauch von Reinigungsmitteln und die anderen Parameter aus, verursacht allerdings keine direkten Umweltauswirkungen. Um einen geringeren Verbrauch zu erreichen, könnte beispielsweise die Spüldauer erhöht werden.

3.3 Hygieneanforderung

Die europäische Lebensmittelhygieneverordnung wird in Deutschland über die anerkannten DIN Normen 10510, 10511, 10512 und 10522 umgesetzt, die Anforderungen an Planung und Aufbau sowie an den Betrieb von gewerblichen Geschirrspülmaschinen festlegen:¹⁵

- ▶ DIN 10510 „Lebensmittelhygiene – Gewerbliches Geschirrspülen mit Mehrtank-Transportgeschirrspülmaschinen – Hygienische Anforderungen, Verfahrensprüfung“
- ▶ DIN 10511 „Lebensmittelhygiene – Gewerbliches Gläserspülen mit Gläserspülmaschinen – Hygienische Anforderungen, Prüfung“
- ▶ DIN 10512 „Lebensmittelhygiene – Gewerbliches Geschirrspülen mit Eintank-Geschirrspülmaschinen – Hygienische Anforderungen, Typprüfung“
- ▶ DIN 10522 "Lebensmittelhygiene - Gewerbliches maschinelles Spülen von Mehrwegkästen und Mehrwegbehältnissen für unverpackte Lebensmittel - Hygieneanforderungen, Prüfung"

Zusätzlich gibt es die Spezifikation¹⁶ DIN SPEC 10534 "Lebensmittelhygiene - Gewerbliches maschinelles Spülen - Hygienische Anforderungen, Prüfung“, die eine Zusammenfassung der anderen genannten Normen, die weiterhin gültig sind und spätestens alle fünf Jahre auf Aktualität überprüft werden, darstellt. Laut dem Arbeitskreis Gewerbliches Geschirrspülen bestand das Ziel der Erstellung von DIN SPEC 10534 darin, auf europäischer Ebene einheitliche Vorgaben für das gewerbliche Geschirrspülen zu erreichen (Arbeitskreis Gewerbliches Geschirrspülen AK GGS 2016a).

Die vier oben aufgeführten Normen beschreiben Anforderungen an die Werkstoffe und Ausstattung des Spülbereiches, teilweise räumliche Anforderungen, Anforderungen an Form und Oberflächenbeschaffenheit des Spülguts, eine Aufstellungs- und Betriebsanleitung, hygienische Anforderungen und auch Anforderungen an die Reiniger und Klarspüler. Der Begriff Spülgut umfasst Geschirrtteile, Gläser, Bestecke, Tablett, Töpfe, Behälter aus Porzellan, Kunststoff, Glas, Stahl, Edelstahl und Silber, Gläser und Mehrwegkisten bzw. Mehrwegbehältnisse (MKB).

Bezüglich des Reinigers schreibt die DIN SPEC 10534 folgendes vor: „Reiniger müssen entsprechend ihrer Aufgabe im Spülprozess ein gründliches Entfernen aller Verschmutzungen bewirken, um ein sauberes, hygienisch einwandfreies Spülgut zu erzielen.“. DIN SPEC 10534 wird an dieser Stelle zitiert, weil diese alle Verfahren (Eintank, Mehrtank usw.) abdeckt. In den Normen variiert die Formulierung bezüglich der Verschmutzung, z. B. „Getränke- und Lippenstiftreste“ bei DIN 10511 oder „Speisereste“ bei DIN 10510.

Die hygienischen Anforderungen an das Spülergebnis schreiben vor, dass das Spülgut visuell sauber und trocken sein soll. Die Desinfektionsleistung der Maschine wird in mikrobiologischen Belastungen beschrieben, die für die Reinigerlösung 200 KBE/ml beträgt und für die Oberflächen des Spülgutes, was Geschirr und Gläser angeht, nicht mehr als 5 Kolonie-bildende Einheiten (KBE) aerober mesophi-

¹⁵ Verzeichnis der DIN-Normen, die als Leitlinien für eine Gute Hygienepaxis gemäß Artikel 5 der Richtlinie 93/43/EWG bzw. Artikel 8 der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 notifiziert wurden (Stand: 2015-03); <https://www.din.de/blob/79628/eb980c7c3b0a95f8c6f23de92342a623/leitlinien-gute-hygienepraxis-data.pdf>

¹⁶ Generell sind DIN SPEC Spezifikationen nicht mit den formalen Auflagen der DIN Normen verbunden, z. B. müssen nicht alle interessierten Kreise einbezogen werden. Die Erstellung kann daher wesentlich schneller als in der Normung geschehen. Siehe auch: <http://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards/din-spec>

ler Keime¹⁷ pro 10 cm² Spülgut betragen darf. Die Hygieneanforderungen der Normen DIN 10510, 10512 und DIN SPEC 10534 sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 3-2: Hygienischen Anforderungen an das Spülergebnis von DIN 10510, 10512 und DIN SPEC 10534

DIN 10510 – Mehrtank-Transportgeschirrspülmaschinen (MTGS)	DIN 10512 - Eintankspülmaschine (EGSM)	DIN SPEC 10534
<p>Das Spülgut muss in einer MTGSM durch Reinigung, Desinfektion, Nachspülung und Trocknung in einen hygienisch einwandfreien Zustand versetzt werden. Dabei wirken chemische und physikalische Parameter zusammen.</p> <p>Diese Anforderungen gelten als erfüllt, wenn</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) das Spülgut optisch sauber ist und 2) das Spülgut bei Entnahme aus der MTGSM trocken ist, wobei an den Auflagestellen verbleibende Tropfen und eine Restfeuchte auf Spülgut aus Kunststoff toleriert werden dürfen; 3) auf den Oberflächen des Spülgutes nicht mehr als 5 KBE/10 cm² vorhanden sind (Verfahren siehe Anhang C); 4) das letzte Klarspülwasser in mikrobiologischer Hinsicht Trinkwasserqualität besitzt. Dies gilt auch für aufbereitetes Wasser; 5) in der Reinigerflotte des letzten Tanks bzw. der letzten Zone vor der Klarspülung nicht mehr als 200 KBE/ml als Richtwert und 500 KBE/ml als Warnwert vorhanden sind (Verfahren siehe Anhang C); 6) bei der Prüfung mit definierten Bioindikatoren eine Reduktion des Testorganismus <i>E. faecium</i> ATCC4) 6057 um 5 log-Stufen erreicht wird (Verfahren siehe Anhang C). 	<p>Das Spülgut muss in einer EGSM durch das Spülverfahren in einen hygienisch einwandfreien Zustand gebracht werden. Dabei wirken chemische und physikalische Parameter zusammen.</p> <p>Generell ist zu fordern, dass</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) das Spülgut optisch sauber ist; 2) das Spülgut bei Entnahme aus den Spülgutträgern außen trocken ist, wobei an den Auflagestellen verbleibende Tropfen und eine Restfeuchte im Inneren von Hohlkörpern toleriert werden; Spülgutteile, die nicht durch Eigenwärme selbsttätig trocknen, müssen durch andere hygienische Maßnahmen vor der Lagerung getrocknet werden; 3) die Klarspülerlösung hinsichtlich der Koloniezahl den Anforderungen der Trinkwasserverordnung [1] entspricht; 4) eine Dekontaminationsleistung von 5 log₁₀-Stufen bei 90 % der Geschirrteile nach dem Verfahren in C.2.1 erreicht wird, bzw. bei Abklatschuntersuchungen auf den Geschirrteilen nicht mehr als 5 KBE je 10 cm² nach dem Verfahren in C.2.2 erreicht werden; 5) in der Reinigerlösung nicht mehr als 200 KBE/ml als Richtwert und nicht mehr als 500 KBE/ml als Warnwert vorhanden sind (Verfahren nach C.3.2). 	<p>Das Spülgut muss in einer GSM durch das Spülverfahren in einen hygienisch einwandfreien Zustand gebracht werden.</p> <p>Generell ist zu fordern, dass</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) das Spülgut visuell sauber ist; 2) das Spülgut bei Entnahme aus den Spülgutträgern trocken ist, wobei an den Auflagestellen verbleibende Tropfen und eine Restfeuchte im Inneren von Hohlkörpern toleriert werden; Spülgutteile, die nicht durch Eigenwärme selbsttätig trocknen, müssen gegebenenfalls durch geeignete hygienische Maßnahmen vor der Lagerung getrocknet werden; 3) eine Desinfektionsleistung der Maschine entsprechend den in Tabelle 1 angegebenen mikrobiologischen Anforderungen erreicht wird. <p>[Zusammenfassung der Tabelle 1 siehe folgender Textabschnitt]</p>

Quelle: eigene Darstellung nach DIN 10510, 10512 und DIN SPEC 10534

¹⁷ Aerobe mesophile Keime sind Bakterien, Hefekeime und Schimmelpilze und gelten als Maß für die allgemeine mikrobielle Belastung bzw. Verunreinigung eines Produktes.

Für Spülgut außer MKB gilt nach DIN SPEC 10534 der bereits erwähnte Wert von ≤ 5 KBE je 10 cm^2 . Für MKB gelten nach DIN SPEC 10534 unterschiedliche Grenzwerte. Hierbei wird in kritische MKB, „die für Lebensmittel eingesetzt werden, die über die MKB in ihrem Hygienezustand gegebenenfalls nachteilig beeinflusst werden können“ (z. B. MKB für Brot, Brötchen oder Trockenfrüchte; sehr kritische MKB, solche, die für leicht verderbliche Lebensmittel eingesetzt werden, z. B. für Fleisch oder Fisch unterschieden. Die Grenzwerte für die unterschiedlichen MKB betragen:

- ▶ wenig kritische MKB: keine MKB mikrobiologische Prüfung erforderlich.
- ▶ kritische MKB: aerobe mesophile Keimzahl < 50 KBE je 10 cm^2 ,¹⁸
- ▶ sehr kritische MKB: aerobe mesophile Keimzahl < 10 KBE je 10 cm^2 .¹⁹

Die hygienische Prüfung des Spülguts durch Abklatsch-Untersuchungen²⁰ soll periodisch durchgeführt werden. Laut DIN SPEC 10534 soll sie halbjährlich und zusätzlich bei Verdacht auf unbefriedigende Arbeitsweise erfolgen.

Die mikrobiologischen Anforderungen an das Spülergebnis für jegliches Spülgut werden über eine hohe Temperatur im Reinigertank im Bereich von 60 bis 65 °C erreicht. Hierbei sind nach DIN 10510 und 10512 sowie DIN SPEC 10534 keine Desinfektionskomponenten in der Reinigerflotte notwendig.

Wird dieser Temperaturbereich unterschritten, muss eine ausreichende Menge einer Desinfektionskomponente zugesetzt werden. Nach DIN SPEC ist folgendes festgelegt: „Dazu ist gegebenenfalls der Einsatz spezieller Behandlungsmittel und Verfahren notwendig.“

DIN 10510 und DIN 10512 schreiben dazu: „Die alkalische Reinigerlösung bewirkt zusammen mit Temperaturen um 60 °C eine schnelle Abtötung vieler Mikroorganismen. Durch zusätzlich oxidativ wirkende Komponenten kann die desinfizierende und zersetzende Wirkung, z. B. auf Farb- und Gerbstoffe, erhöht werden.“

In der nachfolgenden Tabelle sind die Temperaturangaben zum Betreiben der gewerblichen Spülmaschinen in verschiedenen Bereichen zusammengestellt; beim Betreiben mit und ohne Desinfektionskomponente unterscheidet sich lediglich die Temperatur im Reinigertank (Zeile ist grau hinterlegt).

Tabelle 3-3: Temperaturangaben zum Betreiben der gewerblichen Spülmaschinen mit und ohne Desinfektionskomponente

Bereich	DIN 10510 – Mehrtank-Transportgeschirrspülmaschinen		DIN 10512 – Eintankspülmaschine		DIN SPEC 10534
	Temperaturen ohne Desinfektionskomponente	Temperaturen mit einer ausreichenden Menge einer Desinfektionskomponente	Temperaturen ohne Desinfektions- bzw. Oxidationskomponente in der alkalischen Reini-	Temperaturen mit einer ausreichenden Menge einer Desinfektions- bzw. Oxidationskompo-	Ein Unterschreiten dieser Temperaturen ist zulässig, sofern die in 4.1.2 spezifizierten hygienischen Anforderungen erreicht werden. Dazu ist ge-

¹⁸ Bei kritischen MKB ist zusätzlich zur aeroben mesophilen Keimzahlbestimmung die Untersuchung auf Hefen und Schimmelpilze durchzuführen.

¹⁹ Bei sehr kritischen MKB ist zusätzlich zur aeroben mesophilen Keimzahlbestimmung die Untersuchung auf Enterobacteriaceae durchzuführen.

²⁰ Tupferabstrich- oder Abklatschverfahren nach DIN ISO 18593 an mindestens 10 gespülten Spülgutteilen (DIN ISO 18593 „Mikrobiologie von Lebensmitteln und Futtermitteln — Horizontales Verfahren für Probenahmetechniken von Oberflächen mittels Abklatschplatten und Tupfer“)

Bereich	DIN 10510 – Mehrtank-Transportgeschirrspülmaschinen		DIN 10512 – Eintankspülmaschine		DIN SPEC 10534
		in der Reini- gerflotte	gerlösung	nente in der alkalischen Reinigerlösung	gebenenfalls der Ein- satz spezieller Be- handlungsmittel und Verfahren notwendig.
Frischwasser- Vorabräumung	bis 40 °C	25 bis 40 °C			25 bis 40 °C
Pumpen- Vorabräumung	40 bis 50 °C	40 bis 50 °C			40 bis 50 °C
Reiniger- Umwältztank	60 bis 65 °C	55 bis 65 °C	60 bis 65 °C	55 bis 65 °C	60 bis 65 °C
Pumpen- Klarspülung	60 bis 70 °C	60 bis 70 °C	80 bis 85 °C	80 bis 85 °C	60 bis 70 °C
Frischwasser- Klarspülung	80 bis 85 °C	80 bis 85 °C			80 bis 85 °C

Quelle: eigene Darstellung nach DIN 10510, 10512 und DIN SPEC 10534

Zum Erreichen der Desinfektion besteht, wie die Arbeiten in (Rüdenauer et al. 2011) gezeigt haben, ein Konflikt zwischen Energieeffizienz und Einsatz von biozid-wirksamen Mitteln. Gerätehersteller der EU zeigten sich in (Rüdenauer et al. 2011) skeptisch, weil Natriumhypochlorit als Bleichmittel nur eine bedingte Lagerfähigkeit hat und mit der Zeit an Leistung verliert. Auch ein störender Geruch und Geschmack des Spülguts wurde als Hinderungsgrund genannt (Rüdenauer et al. 2011).

Eine Auswertung der Inhaltsstoffe von acht pulverförmigen oder festen Geschirrspülmitteln für den gewerblichen Bereich auf dem Onlineportal hygi.de ergab, dass zwei Produkte Bleichmittel auf Sauerstoffbasis enthalten und sechs Bleichmittel auf Chlorbasis. Bleichmittel auf Chlorbasis, auch Aktivchlor genannt, sind in pulverförmigen und festen Geschirrspülmittel Troclosennatrium (Natriumdichlorisocyanatdihydrat, CAS 2893-78-9). In flüssigen Maschinengeschirrspülmitteln wird Natriumhypochlorit (CAS 7681-52-9) verwendet. Die Auswertung zeigt, dass auch bei Produkten mit Bleichmittel auf Sauerstoffbasis eine reduzierte Temperatur während der Reinigung von mindestens 55 °C angegeben wird, das heißt ein energieeffizienteres Spülen möglich ist.

Prinzipiell gibt es eine Reihe von weiteren Parametern im Spülvorgang, die die Reinigung und Desinfektion des Spülguts beeinflussen, wie die Antrocknung und die Vorabräumung von Speiseresten. Die Antrocknungszeit soll laut DIN SPEC 10534 so kurz wie möglich sein und eine Zeitspanne von zwei Stunden nicht überschreiten. Die Vorabräumung erfolgt mittels Schlauchpendelbrause, Besteckteile sollen gegebenenfalls in Tauchreinigerlösung getaucht werden.

Die Kontaktzeit, also die Zeit, in der die Reinigerlösung und Temperatur auf das Spülgut einwirken, kann der Verschmutzung des Spülgutes angepasst werden: „Durch Verlängerung der Kontaktzeit lässt sich das Spülergebnis verbessern.“ (DIN SPEC 10534). Bei Eintank-Geschirrspülmaschinen sind 90 Sekunden Kontaktzeit nach DIN SPEC 10534 eine gute Voraussetzung, um ein hygienisch einwandfreies Spülergebnis zu erzielen. Bei Mehrtank-Geschirrspülmaschinen wird eine Mindestkontaktzeit von zwei Minuten angegeben. Diese Kontaktzeiten setzen voraus, dass die Antrocknungszeit nicht überschritten wird und die Vorabräumung entsprechend durchgeführt wurde. Unter diesen Voraussetzungen hängt die Wahl des Geschirrspülmittels mit oder ohne Desinfektionskomponente, wie oben beschrieben, von der gewählten Temperatur im Reinigertank ab.

3.3.1 Schlussfolgerung aus den Hygieneanforderungen in Bezug auf den Einsatz von Phosphat in der gewerblichen Geschirreinigung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Hygieneanforderungen beim gewerblichen Geschirrspülen erfüllt werden können, indem ein alkalischer Reiniger verwendet wird und im Spülvorgang eine Temperatur im Reinigertank von > 60 °C herrscht. Um die Hygieneanforderungen zu erfüllen, ist der Einsatz von Phosphat nicht zwingend notwendig. In den Normen wird die Zusammensetzung der Reiniger offen gelassen. Möglich sind komplexbildende Zusätze aus Polymerphosphaten oder organischen Phosphatersatzstoffen. Der Einsatz von organischen Phosphatersatzstoffen wie z. B. Glutaminsäurediessigsäure (GLDA) und Methylglycindiessigsäure (MGDA) ist vereinbar mit den Parametern Alkalität und Temperatur > 60 °C.

Sollten aus bestimmten Gründen, wie z. B. Energieeffizienz, niedrigere Temperaturen im Reinigertank gewählt werden, müssen gemäß der oben beschriebenen Normen Desinfektions- bzw. Oxidationskomponenten eingesetzt werden. Die Recherche der Inhaltsstoffangaben ergab, dass nur phosphathaltige Produkte Bleichmittel auf Sauerstoffbasis oder Chlorbasis enthalten.

3.4 Ergebnisse der Literatur- und Internetrecherche zu Geschirrspülmitteln für gewerbliche Zwecke

Gewerbliche Geschirreiniger sind als Pulver, feste Blöcke, Tabs, Paste und in flüssiger Form am Markt verfügbar. Auf dem Online Portal hygi.de werden gewerbliche Geschirreiniger vorrangig in flüssiger Form angeboten.²¹

Die Auswertung der Inhaltsstoffangaben auf den genannten Onlineportalen und Unternehmensinternetseiten ergab, dass in gewerblichen Geschirrspülmitteln Phosphat und Phosphonate als mögliche Phosphorquellen zum Einsatz kommen.

3.4.1 Phosphate

3.4.1.1 Auswertung der Angaben zu Inhaltsstoffen und Anwendungsbereichen aus dem Internet

In den Sicherheitsdatenblättern der Reinigungsmittel wird nicht immer spezifiziert, welche Phosphatverbindung in der Rezeptur eingesetzt wird. Nach vorhandenen Angaben sind dies Tetrakaliumpyrophosphat (CAS 7320-34-5), Natriumtripolyphosphat (CAS 7758-29-4) oder Kaliumtripolyphosphat-Lösung, 50%ig (CAS 13845-36-8).

Die Auswertungen der Inhaltsstoffangaben, die auf den Onlineportalen verfügbar waren, ergaben dass von den dort angebotenen Produkten etwa ein Drittel kein Phosphat enthält, also phosphatfrei ist:

- ▶ Bei den flüssigen Geschirrspülmitteln sind von vierzehn Produkten vier phosphatfrei und zehn enthalten Phosphat. Diese enthalten keine Bleichmittel auf Chlor- oder Sauerstoffbasis.
- ▶ Im Bereich der pulverförmigen Geschirrspülmittel sind drei von zehn ausgewerteten Produkten phosphatfrei und sieben Produkte enthalten Phosphat.
- ▶ Von den Tauchreinigern die zur Vorreinigung von Besteck oder Geschirr eingesetzt werden, enthalten drei von zwölf Produkten Phosphat; hier sind also 75 % der Produkte bereits phosphatfrei.

²¹ Hygi.de listet 104 Flüssigreiniger-Produkte; 58 Pulver und 18 Tab-Produkte (Stand Februar 2017).

Um den Stand der Technik der Geschirrspülmittel in Bezug auf den Phosphatgehalt zu prüfen, wurden die Produktangaben zu den Anwendungsbereichen verglichen. Dazu können folgende Ergebnisse dokumentiert werden:

- ▶ Die möglichen Anwendungen der Produkte, die auf den Onlineportalen angegeben sind, werden sehr allgemein beschrieben und die Anwendung der Produkte nicht auf bestimmte Gerätekategorien eingeschränkt oder bestimmtes Spülgut ausgeschlossen.
- ▶ Die Lösung von angetrockneten Verschmutzungen und Speiseresten, sowie die Entfernung von Tee- und Kaffeerückständen wird bei Produkten mit und ohne Phosphat, sowie mit und ohne Aktivchlor beworben.
- ▶ Phosphatfreie Produkte werden auch zum Einsatz bei allen Wasserhärten oder speziell für hohe Wasserhärten beworben.
- ▶ Wenn Dekorschonung erwähnt wird, geschieht dies vor allem in Produktbeschreibungen von chlorfreien Produkten.

Die Auswertung der Geschirrspülmittel eines Geräteproduzenten zeigte, dass in den unterschiedlichen Sparten wie z. B. Gläserreiniger oder Hochleistungsreiniger Varianten mit und ohne Phosphat angeboten wurden. Zwei von drei phosphatfreien Hochleistungsreinigern enthalten lediglich den Zusatz „Für Aluminium, auch eloxiert, und Leichtmetalllegierungen nicht geeignet.“ Diese Bemerkung fand sich gleichermaßen bei einem phosphathaltigen Universalreiniger des Geräteherstellers und konnte deshalb nicht eindeutig einer phosphatfreien Formulierung zugeordnet werden.

Lediglich im Bereich der Alu-Gerätereiniger gab es unter drei Produkten keines ohne Phosphat. Die Alu-Gerätereiniger werden beschrieben als besonders geeignet für die Reinigung von stark verschmutzten Arbeitsutensilien wie z. B. Behälter, Schüsseln, Backbleche, Auslagebehälter, Tablett, Töpfe und Pfannen. Über eine vergleichende Recherche im Internet und auf den Onlineportalen zu Alu-Geschirrspülmitteln wurden drei zusätzliche Produkte ermittelt, für die Inhaltsstoffangaben zur Verfügung standen; zwei dieser drei Produkte enthalten Phosphat; ein Produkt eines anderen Geräteherstellers ist phosphatfrei.

3.4.1.2 Informationen von Verbänden

Während die Auswertung der Inhaltsstoffangaben verschiedener Produkte für das gewerbliche Spülen zeigt, dass es in allen Bereichen phosphatfreie Produkte gibt, ist aus Sicht der unten aufgeführten Verbände und des Arbeitskreises Gewerbliches Geschirrspülen Phosphat zumindest in Teilbereichen nicht ersetzbar. Diese technischen Notwendigkeiten wurden in den jeweiligen Stellungnahmen aber nicht spezifiziert:

- ▶ Für den IHO (2010) sind Phosphate für gewerbliche maschinelle Geschirrspülmittel unverzichtbar. Die nicht wasserlöslichen Phosphatersatzstoffe Zeolithe führen laut IHO (2010) zu Verstopfungen von Pumpen und Leitungen sowie zur kontinuierlichen Verschlammungen der Geschirrspülflotte. Zudem wären Zeolithe nur in Pulverprodukten, nicht aber in flüssigen Formulierungen einsetzbar.
- ▶ Die Darstellung des Verbandes der Hersteller von Gewerblichen Geschirrspülmaschinen e.V. von 2004 liegt noch länger zurück: „Phosphatersatzstoffe können heute die Phosphate nur in Teilbereichen ersetzen.“ (VGG 2004)
- ▶ Fast der gleiche Wortlaut findet sich im Kapitel des Praxishandbuches des Arbeitskreises Gewerbliches Geschirrspülen: „Phosphatersatzstoffe wie z. B. Komplexbildner GLDA und MGDA können heute die Phosphate nur in Teilbereichen ersetzen“ (AK GGS 2016b).

3.4.1.3 Revision des Europäischen Umweltzeichens - kein Phosphatverbot

Das Europäische Umweltzeichen (EU-Umweltzeichen) für institutionelle und industrielle Maschinengeschirrspülmittel²² schreibt kein Phosphatverbot vor. Das bedeutet, dass die mit dem EU-Umweltzeichen ausgezeichneten Produkte nicht phosphatfrei sein müssen.

Die Kriterien des EU-Umweltzeichens wurden zwischen 2014 und 2016 einem Revisionsprozess unterzogen.²³ Der erste technische Hintergrundbericht vom Januar 2015 (JRC 2015a) sah ein Phosphatverbot²⁴ mit der Begründung vor, dass Phosphatersatzstoffe wie z. B. die Komplexbildner GLDA²⁵ und MGDA²⁶ bereits auf dem Markt verfügbar sind und deren Leistung gut bewertet wird. Im zweiten technischen Hintergrundbericht vom September 2015 wurde unter folgender Begründung dieser Vorschlag zurückgezogen (JRC 2015b):

- ▶ Die Entwicklungen werden als noch nicht ausgereift und die alternativen Chemikalien als noch nicht gleichermaßen effektiv beschrieben.
- ▶ Neben GLDA und MGDA werden auch Kombinationen von Buildern, also Stoffen, die enthärtend wirken, eingesetzt. Da zumeist kein Einzelstoff als Substitut eingesetzt wird, erhöht sich die eingesetzte Menge an Chemikalien.
- ▶ Wichtige Argumente beziehen sich auf die Abwasserbehandlung, die aber an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt werden.

Der maximale Phosphorgehalt in gewerblichen Geschirrspülmitteln wird wie in den bisher gültigen Vergabegrundlagen beibehalten (siehe nachfolgende Tabelle).

Tabelle 3-4: Grenzwerte für den Gesamtgehalt an Phosphaten und sonstigen Phosphorverbindungen in Gramm Phosphor pro Liter Wasser (nach Beschluss (EU) 2017/1215 der Kommission vom 23. Juni 2017 zur Festlegung der Kriterien für die Vergabe des EU-Umweltzeichens für Maschinengeschirrspülmittel für den industriellen und institutionellen Bereich)

Produktart (g P / L Reinigungslösung)	Wasserhärte		
	Weich	Mittel	Weich
Vorspüler	0,08	0,08	0,08
Reinigungsmittel	0,15	0,30	0,50
Klarspüler	0,02	0,02	0,02
Mehrkomponenten-Geschirrspülmittel	0,17	0,32	0,52

Quelle: EU COM 2012

3.4.1.4 Fazit aus der Literatur- und Internetrecherche

Die Recherchen zeigen, dass Phosphatfreiheit im gewerblichen Geschirrspülen grundsätzlich möglich ist. Phosphatfreie gewerbliche Geschirrspülmittel sind auf dem Markt verfügbar und weisen in der Beschreibung ihrer Anwendungsbereiche keine Einschränkungen auf. Dennoch besteht anhand der im Internet verfügbaren Unterlagen eine Unsicherheit dahingehend, ob es in Einzelfällen technische Be-

²² Umweltkriterien für die Vergabe des EU-Umweltzeichens für Maschinengeschirrspülmittel für den industriellen und institutionellen Bereich, EU COM 2012/720/EU

²³ Die Dokumentation des Revisionsprozesses ist auf folgender Internetseite zu finden:
<http://susproc.jrc.ec.europa.eu/detergents/stakeholders.html>

²⁴ Phosphat sollte unter Kriterium 3 Verbotene Substanzen aufgenommen werden.

²⁵ GLDA: Glutamic acid diacetic acid, Glutaminsäurediessigsäure

²⁶ MGDA: Methylglycinediacetic acid, Methylglycindiessigsäure

dingungen im Zusammenspiel der eingesetzten Geräte und Prozesse gibt, die einen Phosphateinsatz notwendig machen. Darüber hinaus ergeben sich aus den verfügbaren Unterlagen nicht die genauen Gewichtsprozent von Phosphat in den gewerblichen Geschirrspülmitteln bzw. Tauchreinigern. Diese Wissenslücken sollen in der Befragung in AP 2 geschlossen werden.

Nach der Dokumentation des Revisionsprozesses des EU-Umweltzeichens werden die Alternativen zu Phosphat generell als weniger effektiv durch die im Revisionsprozess beteiligten Akteure eingeschätzt. Da es im gewerblichen Bereich keine unabhängigen Testergebnisse gibt, können diese Angaben nicht geprüft werden.²⁷

3.4.2 Phosphonate

Bei den Phosphonaten sind in den Sicherheitsdatenblättern als chemische Verbindungen Nitrilotriethylentris(phosphonsäure) (CAS 6419-19-8, ATMP) und 1-Hydroxyethyliden-1,1-diphosphonsäure (CAS 2809-21-4, HEDP) angegeben.

Phosphonate sind in der Regel in phosphatfreien Produkten enthalten. Lediglich bei den Flüssigprodukten enthalten zwei der 10 phosphathaltigen Produkte auch Phosphonate.

Fünf der 14 Flüssigprodukte enthalten Phosphonate. Bei den Tauchreinigern enthalten fünf von 12 Produkten Phosphonate. Der Anteil der Phosphonate wurde im Bereich von < 5 % angegeben. Zwei Produkte, ein Tauchreiniger und ein pulverförmiges Produkt, enthalten Phosphonate im Bereich zwischen 5 und 15 %.

Der Gewichtsanteil an Phosphonaten in den unterschiedlichen Rezepturen der gewerblichen Geschirrspülmittelhersteller ist aus den verfügbaren Unterlagen nicht ersichtlich und wird in AP2 in der Befragung der Reinigungsmittelhersteller eine Rolle spielen.

3.4.3 Zwischenfazit

Die Produktrecherche zeigt, dass phosphatfreie Geschirrrreiniger bisher in einer Minderzahl am Markt verfügbar sind. Die Produktbeschreibungen zeigen keine Einschränkungen in Bezug auf die Anwendung bei unterschiedlichen Gerätekategorien oder bei der Art des Spülguts.

Zum Erreichen der Hygieneanforderungen ist neben einer guten fachlichen Praxis, die Vorabräumung des Geschirrs, eine kurze Antrocknungszeit und die Temperatur im Reinigertank ausschlaggebend, die bei Zugabe eines Desinfektionsmittels niedriger gehalten werden kann. Phosphat ist zum Erreichen der Hygieneanforderungen nicht zwingend technisch notwendig.

3.5 Ergebnisse der Interviews zur gewerblichen Geschirrrreinigung

In der Literaturrecherche konnten nicht alle Informationen zur Notwendigkeit des Einsatzes von Phosphorverbindungen in der gewerblichen Geschirrrreinigung erhalten werden. Die noch fehlenden Informationen, wie Gesamteinsatzmengen an Phosphorkomponenten, Phosphat- und Phosphonatgehalte, Reinigerdosierungsmengen, Notwendigkeit des Einsatzes von Phosphorkomponenten oder Leistungsunterschiede zwischen Geschirrrreinigern mit und ohne Phosphorkomponenten, wurden im Zuge von schriftlichen Datenerhebungen und Interviews mit Anwendern sowie Maschinen- und Reinigungsmittelherstellern eingeholt. Für Geschirrspülmittel sind nur Phosphate und Phosphonate relevant. In Kapitel 3.5.1 sind die Angaben des IHO, welche für alle betrachteten gewerblichen und indust-

²⁷ Zum Vergleich: Unabhängige Tests von Verbraucherschutzverbänden oder Testunternehmen wie Stiftung Warentest waren bei der Evaluation des Phosphateinsatzes in Maschinengeschirrspülmitteln zum privaten Gebrauch wichtig, um die Leistungsfähigkeit von Alternativen zu belegen (BIO by Deloitte 2014).

riellen Wasch- und Reinigungsmittel dargestellt. Die in den folgenden Kapiteln 3.5.2 und 3.5.3 dargestellten ergänzenden Informationen/Aussagen stammen aus den in Kapitel 2.2 genannten Befragungen und Interviews. Die in den folgenden Unterkapiteln dargestellten Ergebnisse sind direkte Angaben aus den Interviews und der Datenerhebung und wurden nur zum Zwecke der Anonymisierung zusammengefasst.

3.5.1 Übersicht über Produktarten, Anwendungsgebiete und Funktionen von Phosphorverbindungen in Wasch- und Reinigungsmitteln

In Tabelle 3-5 sind die Produktarten, die Anwendungsgebiete und die Funktion der relevanten Phosphorverbindungen in Wasch- und Reinigungsmitteln laut Korrespondenz des IHO (IHO 2017) dargestellt.

Tabelle 3-5: Produktarten, Anwendungsgebiete und Funktionen von Phosphorverbindungen in Wasch- und Reinigungsmitteln

	Phosphorsäure	Phosphate	Phosphonate
Produktart	<ul style="list-style-type: none"> - Industriereiniger - Küchenreiniger - Sanitärreiniger - Entkalker 	<ul style="list-style-type: none"> - Küchenreiniger - Industriereiniger - Grundreiniger - maschinelle Geschirrspülmittel - Teileentfetter 	<ul style="list-style-type: none"> - Wäschedesinfektion - Teileentfetter - Maschinelle Geschirrspüler - Industriereiniger - Waschmittel
Anwendungsgebiet	<ul style="list-style-type: none"> - Zugaußenreinigung mit Wassertaufbereitung und teilw. Kreislaufführung - Entkalkung / saure Reinigung mit gleichzeitiger Desinfektion, Haupteinsatzgebiet ist die Schwimmbadreinigung 	<ul style="list-style-type: none"> - Krankenhaushygiene zum Geschirrspülen mit desinfizierender Wirkung - stark verschmutzte Arbeitskleidung, sog. "Blau-mannwäsche" 	<ul style="list-style-type: none"> - Bleichstabilisator - Korrosionsinhibitor - Dispergator - Härtestabilisator
Funktion	<ul style="list-style-type: none"> - Reinigungsverstärker - Kalklöser - Korrosionsinhibitor 	<ul style="list-style-type: none"> - Bleichstabilisator - Korrosionsinhibitor - Dispergator - Härtestabilisator - Reinigungsverstärker - einziger Gerüststoff der stabil in Kombination mit Desinfektionswirkstoff Chlor ist (beim Geschirrspülen kein anderer Desinfektionswirkstoff in dieser Anwendung einsetzbar) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bleichstabilisator - Korrosionsinhibitor - Dispergator - Härtestabilisator - Reinigungsverstärker - Wirkstoff wird zum Stabilisieren von organischen Desinfektionswirkstoffen wie Peressigsäure eingesetzt

Quelle: IHO 2017

3.5.2 Phosphate

Phosphate werden in Geschirrspülmitteln vor allem als Härtestabilisator, Dispergator und Bleichmittelstabilisator eingesetzt. Eine Wasserenthärtung, die wird bei rund zwei Dritteln der gewerblichen Geschirrspülmaschinen eingesetzt, ist eine Möglichkeit, die benötigte Phosphatmenge zu senken. Allerdings befinden sich in den Essensresten auf dem Spülgut ebenfalls Metallionen wie Calcium, welche komplexiert werden müssen. Wichtiger noch als diese Komplexbildung ist die Erhöhung des

Schmutztragevermögens. Durch den Einsatz von Phosphat kann eine größere Schmutzkonzentration in der Reinigungsflotte dispergiert werden, was zu großen Einsparungen von Wasser, Energie und Reinigungsmittel führt. Die Stabilisierung von Chlor spielt eine untergeordnete Rolle, da die Hygienisierung von Geschirr in Europa vor allem über die Temperatur und die üblichen Geschirrspülmittel sichergestellt wird.

Phosphate sind breit einsetzbar und sind nicht durch eine bestimmte Verbindung, sondern nur über eine Mischung verschiedener Verbindungen, ersetzbar. Das bedeutet für unterschiedliche Prozesse und Maschinen müssten unterschiedliche Produkte hergestellt werden, was einen deutliche größeren Produktkatalog und eine größere Logistik zur Folge hat. Die Performance der Reinigung wird durch den Ersatz schlechter und es werden mehr Wasser und Reinigungsmittel benötigt, um eine vergleichbare Reinigungsleistung zu erzielen. Die aktuellen Verfahren müssten angepasst werden, da beispielsweise der Schmutzeintrag in die Maschine minimiert werden muss oder die Wassermengen in der Maschine erhöht werden müssen, um mit dem geringeren Schmutztragevermögen eine ähnliche Reinigungsleistung erzielen zu können. Ein Umbau der Maschinen kann notwendig werden, um die größeren Wassermengen und höheren Heizleistungen realisieren zu können. Es könnte auch zu längeren Reinigungsdauern führen, um die gleiche Reinigungsleistung zu erreichen. Die Herstellung der Ersatzstoffe ist aufwändiger als die von Phosphat, weshalb die Ökobilanz solcher Ersatzstoffe deutlich schlechter ist. Grundsätzlich ist eine Substitution von Phosphat in Geschirrspülmitteln mit den entsprechenden Folgen (Prozessumstellung, Umbau der Maschinen, höherer Energie- und Ressourcenbedarf) allerdings möglich.

Bei Befragung der Praxisakteure (Anwender und Reinigungsmittelhersteller) wurde deutlich, dass die Prioritäten bei der Wahl des Geschirrspülmittels zuerst auf dem Reinigungsergebnis (Sauberkeit und Hygiene), dann auf der Ökonomie und am Schluss auf der Ökologie liegen. Dennoch wird von Seiten des befragten Reinigungsmittellieferanten zuerst versucht phosphat- und phosphonatfreie Mittel mit Standardprogrammen der Maschine einzusetzen um die Reinigungsleistung zu erzielen. Falls dies nicht funktioniert, wird das Programm der Maschine geändert (höherer Reinigungsmiteleinsatz, höherer Wassereinsatz, höhere Temperaturen). Erst als letzte Lösung werden Mittel mit Phosphaten eingesetzt. Dennoch entscheidet letztendlich der Gastronomiebetrieb, welche Reinigungsmittel er einsetzen möchte.

Entsprechend den Aussagen in den Interviews muss eine Formulierung mit Phosphaten mindestens 5 % Kaliumtripolyphosphat enthalten um eine technisch relevante Wirkung zu erzielen.

3.5.3 Phosphonate

Phosphonate dienen in Geschirrspülmitteln als Härtestabilisator und zur Komplexbildung weiterer Metalle, die über die Verschmutzung des Geschirrs oder aus Rohrleitungen (z. B. Eisen) in die Maschine gelangen und Bleichmittel schneller als beabsichtigt zersetzen können. Diese schnelle Zersetzung führt dazu, dass die Bleichmittel ihre Bleichwirkung nicht entfalten können bzw. massiv überdosiert werden müssten, um die gewünschte Wirkung zu erzielen.

Phosphonate sind als Stabilisator der Bleichmittel in Geschirrrreinigern nur schwer ersetzbar. Die Reinigungsleistung würde beim Einsatz von Alternativen schlechter werden, da beispielsweise Teeränder in der kurzen Behandlungszeit nicht weggebleicht werden könnten. Ersatzstoffe für Phosphonate sind beispielsweise EDTA oder Polycarboxylate, welche aber im Gegensatz zu Phosphonaten stöchiometrisch bzw. überstöchiometrisch eingesetzt werden müssen. Zudem werden die Ersatzstoffe von Bleichmitteln, vor allem von Chlorabspaltern, angegriffen. Die Stärke der oxidierenden Wirkung ist abhängig vom Bleichmittel und vom jeweiligen Ersatzstoff. Phosphonate sind technisch kritisch und nur schwer durch Ersatzstoffe substituierbar. Dies bedeutet, dass eine Substitution theoretisch nur möglich ist, wenn das Reinigungssystem darauf ausgelegt wird, sprich mehr Wasser, Energie und Rei-

nigungsmittel eingesetzt werden (ca. Faktor 5 mehr), die Reinigungsmechanik (mehr Waschsysteme, mehr Umwälzleistung, bedeutet größere und längere Spülmaschinen) angepasst wird sowie eine Verringerung des Durchsatzes realisiert wird. Diese etwa 20-30 Jahre alten, patentierten Maschinen sind in der heutigen Praxis aus Platz- und Umweltgründen (Wasser, Energie, etc.) nicht mehr gewünscht. Zudem kann die Reinigungsleistung hierdurch geringer ausfallen, so muss z.B. ein teilweiser Verbleib von hartnäckigen Verschmutzungen wie Kaffee- oder Teerändern in Kauf genommen werden.

Entsprechend den Aussagen in den Interviews muss eine Formulierung mit Phosphonaten mindestens 2 % Phosphonatverbindungen enthalten (entspricht 0,2 % P) um eine technisch relevante Wirkung zu erzielen.

3.6 Quantifizierung der Phosphorverbindungen in gewerblichen Geschirrspülmitteln

3.6.1 Ergebnisse der Befragung der Hersteller von gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln

Zur Quantifizierung der Phosphorverbindungen in gewerblichen Geschirrspülmitteln wurde eine Erhebung bei Herstellern von gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln durchgeführt. Der für die Befragung eingesetzte Fragebogen findet sich im Anhang. Der Rücklauf der einzelnen Hersteller war gering, aber einige Hersteller verwiesen auf den IHO, welcher eine koordinierte Antwort auf den Fragebogen gab. Die Angaben der Einzelantworten konnten nicht verwendet werden, da die Stichprobe zu klein ist um auf eine Gesamtmenge hochzurechnen.

Für die gewerblichen Geschirrspülmittel wurde vom IHO ein jährlicher Bedarf von 8.000 t Phosphat angegeben (IHO 2017). Für die Phosphonate wurde eine Summe für gewerbliche Geschirrspülmittel und gewerbliche Waschmittel angegeben. Hier wurde ein jährlicher Bedarf von 2.000 t Phosphonat angegeben (IHO 2017).

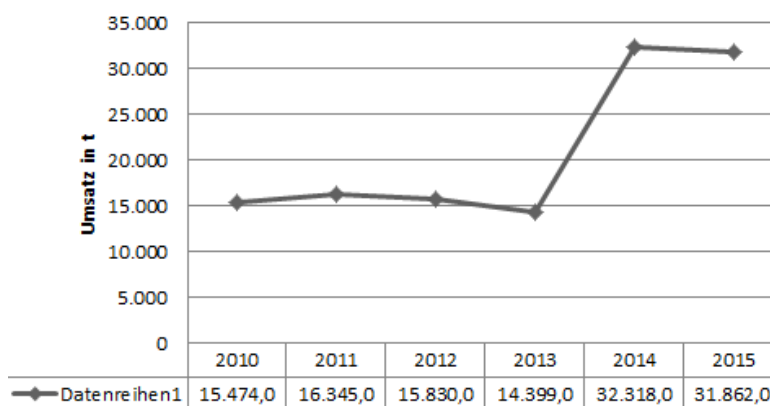
3.6.2 Berechnung der Einsatzmengen über Phosphorgehalte und Produktionsstatistik

Nach den Produktionserhebungen des Statistischen Bundesamtes aus dem Bereich der Wasch- und Reinigungsmittel „n.A.E.“²⁸ hat sich die Produktion von gewerblichen Geschirrspülmitteln in 2014 (32.318,0 t) und 2015 (31.862,0 t) gegenüber den Vorjahren 2010 bis 2012 verdoppelt (siehe folgende Abbildung).

Die Produktionsdaten können aufgrund unterschiedlicher Datensätze nicht mit Außenhandelsdaten zu Import und Export korrigiert werden: Geschirrspülmittel n.A.E. werden in der Außenhandelsstatistik nicht getrennt erfasst, sondern sind unter „grenzflächenaktive Zubereitungen“ („andere“ im Gegensatz zu „Zubereitungen in Aufmachung für den Einzelverkauf“) aggregiert. Dies ist problematisch, da nur schwer abschätzbar ist, wie sich die Produktionsmenge zur eingesetzten Menge verhält.

²⁸ n.A.E. = nicht in Aufmachung für den Einzelverkauf

Abbildung 3-1: Produktion von Geschirrspülmitteln, n.A.E. in t in Deutschland von 2010 bis 2015



Quelle: nach Daten des Statistischen Bundesamtes

Auf Basis der Rezeptur des Testreinigers nach DIN 10511 und 10512, sowie DIN SPEC 10534 (siehe nachfolgende Tabelle) werden die Einsatzmengen an Phosphat aus den Produktionsdaten berechnet.

Tabelle 3-6: Zusammensetzung eines gewerblichen Geschirrrreinigers: Testreiniger nach DIN 10511 und 10512, sowie DIN SPEC 10534

Bestandteil des Reinigers	Anteil in %
Kaliumtripolyphosphat, 50%ig	20
Kaliumhydroxid, 50%ige Lösung	35,5 – 36
Natriumsilikat (Wasserglas)	22,9 – 23
Oxidationsmittel	0 – 4
Destilliertes Wasser	17 - 21,60

Quelle: DIN 10511 und 10512 und DIN SPEC 10534

Aus den Produktionsdaten für gewerbliche Maschinengeschirrspülmittel 2015 (31.862 Tonnen) ergibt sich unter der Annahme, dass alle Reiniger nach der oben genannten Standardrezeptur phosphathaltig sind, eine geschätzte Einsatzmenge von Phosphat von 3.186,2 Tonnen.

Im Rahmen der vor-Ort-Besuche wurden die Bereiche der Massenanteile für Phosphate und Phosphonate in gewerblichen Geschirrspülmitteln erfragt. Für Phosphat wurde ein Bereich von 0 – 30 % der Masse angegeben. Hierbei müssen phosphatfreie und phosphathaltige Produkte unterschieden werden. Für phosphathaltige Geschirrrreiniger existieren verschiedene Phosphatanteile, welche sich laut IHO grob zur eingesetzten Wasserhärte zuordnen lassen. Für Phosphonate (bezogen auf die Phosphonatgruppe) war die Angabe 1 – 4 % der Masse. Dies entspricht rund 0,5 – 1,5 % bezogen auf Phosphor oder etwa 4 – 15 % bezogen auf die gesamte Verbindung. Mit diesen Angaben und der Produktionsstatistik errechnen sich ein Phosphateinsatz von 0 – 9.558,6 Tonnen und ein Phosphonateinsatz von 318,6 – 1.274,5 Tonnen.

3.6.3 Berechnung der Einsatzmengen über eine Abschätzung des aktuellen deutschen Maschinenparks

Über den Verbrauch an gewerblichen Maschinengeschirrspülmitteln und die Geräteanzahl im Bestand in Deutschland lassen sich ebenfalls die Einsatzmengen für Phosphate und Phosphonate berechnen. Ausgangslage sind bei dieser Berechnung die Daten der Bestandsmengen für Europa (EU-27) der ein-

zernen Spülmaschinenkategorien (Kategorie 1-6) in (Rüdenauer et al. 2011), sowie deren Jahresverbrauch pro Gerät an Reinigungsmitteln. Der Gerätebestand wurde durch die relevantesten Hersteller in (Rüdenauer et al. 2011) abgeschätzt. Für Deutschland wurde in (Rüdenauer et al. 2011) ein Anteil von 14 % der europäischen Gesamtmenge an Maschinen angenommen. Die Verbrauchsmengen sind mit den Akteuren abgestimmt und beziehen die realen Nutzungsbedingungen inkl. aller beeinflussenden Parameter (z. B. Spülgut, Tankvolumen, Spülzyklen, Temperatur, Nutzerverhalten) mit ein.

Zur Abschätzung des Verbrauchs an Reinigungsmitteln im gewerblichen Spülen wurden folgende Vorüberlegungen zur Dosierung einbezogen: Nach den Ergebnissen aus (Rüdenauer et al. 2011) erfolgt bei den meisten gewerblichen Geschirrspülmaschinen die Dosierung des Spülmittels automatisch. Die Dosierung des Reinigers für den Spülgang sowie des Klarspülers im letzten Spülgang wird teils von speziellen Dienstleistern, teils von den Spülmaschinenherstellern und teils von den Betreibern der Spülmaschinen selbst vorgenommen.

Im vor-Ort-Besuch bei einem Maschinenhersteller wurde angegeben, dass etwa 60 % der verkauften gewerblichen Geschirrspülmaschinen mit einer Wasserenthärtung ausgestattet werden. Der eingebaute Enthärter regeneriert automatisch während des Spülgangs, sodass immer weiches aufbereitetes Wasser zur Verfügung steht. Dies bedeutet, dass bei 40 % der Maschinen die Wasserenthärtung über zusätzliche Chemie realisiert werden muss, also komplexierende Mittel wie Phosphate oder Phosphatersatzstoffe.

Üblicherweise liegt die Detergenzienkonzentration zwischen 2 und 4 g/L und die Konzentration des Klarspülers bei etwa 0,2 bis 0,5 g/L (Rüdenauer et al. 2011). Dies wurde in den vor-Ort-Besuchen bestätigt, bei denen Konzentrationen von 0,5 – 4 g/L angegeben wurden, wobei die geringe Menge von 0,5 g/L nur beim Einsatz von Konzentraten vorkommt. Für alle Spülmaschinenkategorien wurde im Rahmen von Rüdenauer et al. 2011 eine mittlere Detergenzienkonzentration von 3 g/L Reinigerlösung (=Spülwasser) angenommen. Auch die DIN SPEC 10534 sieht in der Typprüfung von gewerblichen Spülmaschinen eine Konzentration des flüssigen Testreinigers in einer Massenkonzentration von 3 g/L vor.

Der unterschiedliche Verbrauch von Geschirrspülreiniger für die einzelnen Gerätekategorien ergibt sich aus dem unterschiedlichen Spülwasserbedarf.

Die Abschätzung aus dem Gerätebestand in Deutschland ergab einen gemittelten Verbrauch an Reinigungsmitteln von 63.365 Tonnen, also doppelt so viel wie die oben aufgeführte Berechnung aus den Produktionsdaten. Diese große Abweichung lässt sich über die oben erwähnte Problematik des nicht verlässlich abschätzbaren Im- und Exports von Geschirrrreinigern und die Unsicherheiten in der Abschätzung der Einsatzmengen erklären.

In Tabelle 3-7 sind der Gerätebestand für alle Spülmaschinentypen, der zugehörige Reinigungsmittelverbrauch in kg pro Jahr und der Gesamtverbrauch an Reinigungsmitteln dargestellt.

Tabelle 3-7: Jährliche Verbrauchsdaten aller Spülmaschinentypen im gewerblichen Bereich (unter realen Bedingungen)

Gerätekatgorien	Gerätebestand in D - Abschätzung 2015 (Rüdenauer et al. 2011)	Jährlicher Reini- gungsmittelver- brauch (in kg) (Rü- denauer et al. 2011)	Verbrauch an Reinigungsmittel in 2015 (in t)
Untertischgeschirrspülma- schinen (Frischwasser- Spülsystem)	29.000	87	2.523
Untertischgeschirrspülma- schinen mit einem Tank	141.700	188	26.640
Durchschub- Geschirrspülmaschinen	67.600	292	19.739
Universalspülmaschine	2.700	294	794
Eintank- Transportmaschinen	9.600	865	8.304
Mehrtank- Transportmaschinen	2.500	2146	5.365
Total	253.100	—	63.365

Quelle: eigene Darstellung nach (Rüdenauer et al. 2011)

Auf Basis der Verbrauchsmengen in Tabelle 3-7 können mit dem prozentualen Massenanteil an Phosphaten aus dem Testreiniger (10 % die sich aus 20 % Massenanteil an der Rezeptur mit einer 50 %-igen Lösung ergeben, siehe Tabelle 3-6) und den Angaben aus den vor-Ort-Besuchen für Phosphate (0 – 30 %) und Phosphonate (1 – 4 %) die Einsatzmengen berechnet werden. Dies ist in Tabelle 3-8 dargestellt.

Tabelle 3-8: Berechnete Einsatzmengen für Phosphate und Phosphonate für alle Spülmaschinentypen im gewerblichen Bereich (unter realen Bedingungen)

Gerätekategorien	Verbrauch an Phosphaten in 2015 (in t) (Testreiniger (siehe Tabelle 3-6))	Verbrauch an Phosphaten in 2015 (in t) (Annahme 0 %)	Verbrauch an Phosphaten in 2015 (in t) (Annahme 30 %)	Verbrauch an Phosphonaten in 2015 (in t) (Annahme 1 %)	Verbrauch an Phosphonaten in 2015 (in t) (Annahme 4 %)
Untertischgeschirrspülmaschinen (Frischwasser-Spülsystem)	252	0	757	25	101
Untertischgeschirrspülmaschinen mit einem Tank	2.664	0	7.992	266	1.066
Durchschub-Geschirrspülmaschinen	1.974	0	5.922	197	790
Universalspülmaschine	79	0	238	8	32
Eintank-Transportmaschinen	– 830	0	2.491	83	332
Mehrtank-Transportmaschinen	537	0	1.610	54	215
Total	6.336	0	19.009	634	2.535

Quelle: eigene Berechnungen Öko-Institut e. V.

Die berechneten Mengen zeigen eine sehr große Bandbreite, jedoch ist eine weitere Eingrenzung der Einsatzmengen mit den vorliegenden Angaben nicht möglich.

3.6.4 Vergleich der Angaben des IHO und der berechneten Mengen

In Tabelle 3-9 sind die Einsatzmengen für Phosphate und Phosphonate aus den vorigen drei Unterkapiteln dargestellt.

Tabelle 3-9: Vergleich der angegebenen und berechneten Einsatzmengen für Phosphate und Phosphonate in der gewerblichen Geschirrrreinigung

Quelle	Phosphate (in t)	Phosphonate (in t)
IHO	8.000	2.000 (inkl. Waschmittel)
Berechnung Verkaufsmengen (Testreiniger)	3.186	-
Berechnung Verkaufsmengen (Angaben vor-Ort-Besuche)	0 bis 9.558	318 bis 1.274
Berechnung Maschinenpark (Testreiniger)	6.336	-
Berechnung Maschinenpark (Angaben vor-Ort-Besuche)	0 bis 19.009	634 bis 2.535

Quelle: eigene Berechnungen Öko-Institut e. V. und (IHO 2017)

Es zeigt sich, dass die Angaben des IHO für Phosphate im Fenster der berechneten Mengen liegen.

Für Phosphonate muss die Menge in gewerblichen Waschmitteln mitbetrachtet werden (siehe Kapitel 4.6). Diese betragen entsprechend den Berechnungen über den Maschinenpark 0 – 989 Tonnen. Zusammen mit den Werten aus Tabelle 3-9 (634 – 2.535 Tonnen) kommt man auf eine Spanne von 634 – 3.524 Tonnen. Die Angaben des IHO für Phosphonate liegen etwa in der Mitte dieser berechneten Spanne.

4 Gewerbliche Textilreinigung

In der gewerblichen Textilreinigung fallen sehr unterschiedliche Textilien an, für die teilweise besondere Hygieneanforderungen bestehen, sowie Textilien, die besondere Waschmittel benötigen, wie z. B. Reinraumkleidung. Der Waschprozess hängt von der Art des Waschguts, der Maschinenbeladung sowie der Waschkdauer ab.

Spezielle Hygieneanforderungen bestehen für folgende Textilien (siehe dazu Kapitel 4.3):

- ▶ Krankenhauswäsche,
- ▶ Pflege- und Altenheimwäsche,
- ▶ Arbeitskleidung aus lebensmittelverarbeitenden Betrieben.

Daneben gibt es Wäsche, für die keine speziellen Hygieneanforderungen gelten, wie Wäsche aus dem Hotel und Gastronomiebereich und spezielle Wäsche, wie z. B. Schmutzfangmatten.²⁹ Für Berufs- und Arbeitskleidung oder Reinraumwäsche werden spezielle Waschmittel angeboten. Für Schutzkleidung (Persönliche Schutzausrüstung: PSA) ist der Erhalt der Schutzfunktion wichtig, wofür neben dem Waschgang auch sogenannte Wiederaufbereitungsprozesse durchgeführt werden müssen.

4.1 Gerätekategorien

Die Maschinenteknologie in der gewerblichen Textilreinigung hat einen großen Einfluss auf den Wasser- und Energieverbrauch sowie den Waschmittelverbrauch in Waschprozessen. Es gibt eine Vielfalt an Maschinen und Ausstattungen für die Bearbeitung der unterschiedlichen Wäschearten und Kundensegmente, die in der industriellen Wäscherei vorzufinden sind. Die Vielfalt an Kundensegmenten und Textilien ist gegenüber der gewerblichen Geschirrrreinigung höher.

Tabelle 4-1: Übersicht der Waschmaschinenkategorien im gewerblichen Bereich

Gerätekategorie	Hauptkundensegment	Hauptanwender
WM1: Halb-gewerbliche Waschschleudermaschine	Waschsalons, Campingplätze, Studentenwohnheime Apartments	Vornehmlich private Anwender und nicht geschultes Personal (mit einigen Ausnahmen)
WM2: Gewerbliche Waschschleudermaschine, < 15 kg		
WM3: Gewerbliche Waschschleudermaschine, 15-40 kg	Hotels, Restaurants, Schnellrestaurants etc. Gesundheitswesen	Nicht geschultes Personal
WM5: Gewerbliche Waschtrockner		
WM6: Gewerbliche Trennwandwaschmaschinen		
WM4: Waschschleudermaschine, > 40 kg	Dienstleister, Reinigungen, Wäschereien etc. Spezielle Wäschereien	Geschultes Personal
WM7: Waschstraßen (Tunnelmaschinen)		

Quelle: Graulich et al. 2011

²⁹ Siehe dazu die Internetseiten der Verbände:

Deutscher Textilreinigungs-Verband e.V.; <http://www.dtv-bonn.de/Branchensegmente.html> und Industrieverband Textil Service - intex e.V.; <http://www.intex-verband.de/leistungsspektrum/>

Auch hier wurden anhand von (Graulich et al. 2011) zu gewerblichen Waschgeräten typische Gerätekategorien und Kundensegmente im gewerblichen Bereich in Abstimmung mit den Herstellern beschrieben (siehe Tabelle 4-1 sowie Anhang 10.2).

Eine technische Beschreibung der einzelnen Gerätekategorien findet sich in Anhang 10.2.

4.2 Technische Optionen

Für die Reduzierung des Waschmittelverbrauchs gibt es keine spezifischen technischen Verbesserungsoptionen. Aus der Sicht von Wäschereibetrieben ist eine Verringerung des Waschmittelverbrauchs nicht sinnvoll, da eine optimale Konzentration/Dosierung des Waschmittels erforderlich ist, um das gewünschte Waschreinigungsergebnis zu erreichen.

Die Waschmittelzufuhr erfolgt größtenteils über eine automatische Waschmitteldosierung (z. B. über Beladungserkennung). Hiermit soll sowohl eine Über- als auch eine Unterdosierung verhindert werden. Der Zusammenhang zwischen Wasserhärte und Dosierung sowie zwischen Maschinengröße und ausgegebener Waschmittelmenge muss dabei gewährleistet sein. Zudem ist die Dosierung auf den Verschmutzungsgrad der Wäsche bezogen, um eine optimale Reinigung der Textilien zu gewährleisten.

Wäschereien kaufen nicht einfach ein Produkt oder eine Produktpalette von ihren Lieferanten. Sie kaufen einen Full-Service - die Lösung für ihre spezifischen Wäsche Probleme. Lieferanten für Wäschereien bieten daher vollständige Konzepte an: Anlagen einschließlich Installationen, Steuerungen, Dosiergeräten inklusive Detergenzien und sonstiger Hardware.

Die Wäschereien benötigen auch andere Dienstleistungen wie Ausbildung des Personals, Beratung über Abwasser Kontrollmaßnahmen und Überwachung der Waschleistung und Hygiene.

Dosierungsempfehlungen für Wasch - und Waschhilfsmitteln erfolgen durch die Hersteller von Waschmitteln und durch die Hersteller von Waschmaschinen. Wie diese Empfehlungen durch die Bediener der Waschmaschinen umgesetzt werden, soll durch Befragung der Praxisakteure in Erfahrung gebracht werden.

4.3 Hygieneanforderungen

Wäschereien können sich mit dem RAL Gütezeichen RAL-GZ 992 Sicherheit durch gewerblichen Wäscheservice auszeichnen lassen.³⁰ Laut RAL sind insgesamt 380 Mitglieder in der Gütegemeinschaft sachgemäße Wäschepflege e.V. Die Mitgliedschaft in der RAL-Gütegemeinschaft ist nicht verpflichtend für die Durchführung von Dienstleistungen. Laut Heckmann³¹ können Gütesiegel bei öffentlichen Ausschreibungen aufgrund der Änderung der Richtlinie 2014/24/EU vom 26.02.2014 unter bestimmten Bedingungen explizit gefordert werden. Aktuell scheint dieser Standpunkt allerdings wieder umstritten.³² Gleichwohl ist es für die ausschreibende Stelle von Vorteil, wenn sie sich auf die Anforderungen zum Erwerb eines Gütezeichens bezieht (auch ohne explizit das Gütezeichen zu benennen), weil sich dadurch nachweisen lässt, dass die nötigen Anstrengungen unternommen wurden, um die Hygieneanforderungen (inklusive der Eigen- und Fremdüberwachung) auch von den externen Dienstleistern sicherzustellen. Für den Dienstleister ist es ebenso von Vorteil wenn er sich der Gütegemeinschaft anschließt, weil auch er im Schadensfall (z. B. Keime in der gereinigten Wäsche) nachweisen kann, dass er nach deren qualitätsgesicherten Prozeduren verfährt.

³⁰ http://www.waeschereien.de/de/waeschereien/guetezeichen/ral_992/ral_992.html

³¹ M. Heckmann : Gütezeichen und öffentliche Auftragsvergabe, in Supply Magazin 5/2016 (Oktober 2016)

³² <http://www.supply-magazin.de/guetezeichen-einfordern-verboten>

Bei dem RAL Gütezeichen 992 gibt es folgende Unterteilung:

- ▶ RAL-GZ 992/1 Objekt- und Haushaltswäsche:³³ RAL-GZ 992/1 steht für die „Prozessbeherrschung“ einer Wäscherei mit Textilien aus folgenden Bereichen: Hotellerie und Gastronomie mit Textilien wie Bettwäsche (Laken, Kissenbezüge, Deckenbezüge, Matratzenbezüge, Spannbettbezüge), Tages- und Zudecken, Tischwäsche, Hand- und Duschtücher, Bademäntel, u. ä., Kopfkissen, Industrie und Handwerk mit Textilien wie Arbeitskleidung, Businesskleidung, persönliche Schutzausrüstung wie Warnkleidung, Chemikalienschutzkleidung, Wetterschutzkleidung, Schutzanzüge sowie andere Arten von Textilien, wie Reinigungstextilien, Schmutzfangmatten, Rollhandtücher, Putztücher, Feuchtwischbezüge.
- ▶ RAL-GZ 992/2 Krankenhauswäsche:³⁴ Das Gütezeichen umfasst neben Prozessanforderungen wie die Trennung von „reinem“ und „unreinem“ Bereich innerhalb der Wäscherei die Anwendung von desinfizierenden Waschverfahren mit Abtötungswirkung auf Bakterien und Inaktivierung von Viren; zu Krankenhauswäsche zählen z. B. Stationswäsche, Bereichskleidung, OP-Textilien, Dekubitus-Hilfsmittel, Inkontinenzhilfen, Kompressionsstrümpfe und Textilien für Rettungsdienste.
- ▶ RAL-GZ 992/3 Wäsche aus Lebensmittelbetrieben:³⁵ Das Gütezeichen deckt die Anforderungen an das Hygienemanagement nach den wichtigsten internationalen Vorgaben, z. B. DIN EN 14065 "Risk Analysis and Biocontamination Control System RABC" oder den „International Food Standard“ (IFS); das Gütezeichen deckt Berufsbekleidung und Küchenwäsche aus Lebensmittel-verarbeitenden Betrieben, Lebensmittelhandel und Küchenpersonal ab; auch hier werden mikrobiologisch-hygienische Anforderungen gestellt (siehe nachfolgende Abbildung), die sich mit den Anforderungen von DIN 10524 Lebensmittelhygiene – Arbeitsbekleidung in Lebensmittelbetrieben decken.
- ▶ RAL-GZ 992/4 Bewohnerwäsche aus Pflege-Einrichtungen:³⁶ betrifft Textilien wie waschbare Oberbekleidung (Hosen, Blusen, Pullover), Leibwäsche (Schlafanzüge, Unterwäsche, Socken) und nicht-waschbare Oberbekleidung (z. B. Blusen, Hemden und Schals aus Seide); auch hierbei sind desinfizierende Waschverfahren vorgesehen.

³³ Imagebroschüre RAL-GZ 992/1 Objekt- und Haushaltswäsche;
<http://www.waeschereien.de/media/downloads/GG%20Imagebroschuere%20RAL-GZ%20992-1%20DE.pdf>

³⁴ Imagebroschüre RAL-GZ 992/2 Krankenhauswäsche;
<http://www.waeschereien.de/media/downloads/GG%20Imagebroschuere%20RAL-GZ%20992-2%20DE.pdf>

³⁵ Imagebroschüre RAL-GZ 992/3 Wäsche aus Lebensmittelbetrieben;
<http://www.waeschereien.de/media/downloads/GG%20Imagebroschuere%20RAL-GZ%20992-3%20DE.pdf>

³⁶ Imagebroschüre RAL-GZ 992/4 Bewohnerwäsche aus Pflege-Einrichtungen;
<http://www.waeschereien.de/media/downloads/GG%20Imagebroschuere%20RAL-GZ%20992-4%20DE.pdf>

Die mikrobiologischen Anforderungen nach RAL-GZ 992 sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 4-2: Mikrobiologischen Anforderungen nach RAL-GZ 992/2,3 und 4; KBE: zulässige keimbildende Einheiten

	RAL-GZ 992/2 Krankenhauswäsche	RAL-GZ 992/3 Wäsche aus Lebensmittelbetrieben	RAL-GZ 992/4 Bewohnerwäsche aus Pflegeeinrichtungen
Grenzwerte Trockene Wäsche	9 von 10 Proben nicht mehr als 20 KBE / 1 dm ²	9 von 10 Proben nicht mehr als 50 KBE / 1 dm ²	10 von 12 Proben, 5 Stück Leibwäsche mit nicht mehr als 20 KBE / 1 dm ² und 7 Stück Bekleidung (5 waschbar und 2 nicht waschbar) mit nicht mehr als 50 KBE / 1 dm ²
Grenzwerte Testkeime	müssen abgetötet sein	müssen abgetötet sein	müssen abgetötet sein
Richtwerte Feuchtwäsche	30 KBE / 1 dm ²	100 KBE / 1 dm ²	- Leibwäsche: 30 KBE / 1 dm ² - Bekleidung: 100 KBE / 1 dm ²
Richtwerte Hart- / Rohwasser	100 KBE / 1 ml	100 KBE / 1 ml	100 KBE / 1 ml

Quelle: RAL-GZ 992/2,3 und 4

Die Hygieneanforderungen für Krankenhauswäsche sind national geregelt: Krankenhauswäsche muss in desinfizierenden Waschverfahren gereinigt werden, damit sie frei von Krankheitserregern und keimarm ist.³⁷ Für die Wäschedesinfektion gibt es eine Liste des Robert Koch-Institut (RKI) mit geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren:³⁸ Für Wäschedesinfektion gibt es zum einen thermische Desinfektionswaschverfahren³⁹ oder chemothermische Verfahren. Beim chemothermischen Verfahren erfolgt die Desinfektion durch das Zusammenwirken von Desinfektionswaschmittel, Desinfektionstemperatur, Einwirkzeit und Flottenverhältnis.

Im Onlineportal hygi.de werden in der Rubrik „Wäschedesinfektion“ eine Auswahl von 14 Desinfektionswaschmitteln angeboten, von denen 9 „RKI-zugelassen“⁴⁰ und 5 „VaH-gelistet“ (Desinfektionsmittelliste des Verbundes für Angewandte Hygiene, VAH)⁴¹ sind. Von acht Desinfektionswaschpulvern wurden die Inhaltsstoffangaben überprüft: Ein Produkt enthält Phosphat in der Größenordnung von 5 – 15 %.

³⁷ http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Kommission/Ergaenzende_Informationen/Muster_Infektion_spraevention.pdf?__blob=publicationFile

³⁸ RKI (2013b): Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren (16. Ausgabe), Bundesgesundheitsbl 12/2013 und RKI (2016): Nachtrag zur Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren (16. Ausgabe), Bundesgesundheitsbl 2016: http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Desinfektionsmittel/Desinfektionsmittelliste/Desinfektionsmittelliste_node.html

³⁹ 85 °C und Einwirkzeit von 15 min oder 90 °C und Einwirkzeit von 10 min bei einem Flottenverhältnis von 1:4 bis 1:5.

⁴⁰ RKI (2013a): Vorwort zur Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren, Bundesgesundheitsbl 2013 56:1702–1705; http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Desinfektionsmittel/Vorwort_Liste.pdf?__blob=publicationFile

⁴¹ <http://www.vah-online.de/index.php?page=desinfektionsmittel-liste-2>

4.3.1 Schlussfolgerung aus den Hygieneanforderungen in Bezug auf den Einsatz von Phosphat in der gewerblichen Textilreinigung

Es kann zwischen Wäschestücken an die Hygieneanforderungen gestellt werden, und solchen bei denen dies nicht der Fall ist, unterschieden werden. Desinfektionswaschmittel werden dann eingesetzt, wenn Hygieneanforderungen erfüllt werden müssen. Für Wäschestücke, an die keine besonderen Hygieneanforderungen gestellt werden, kann Vollwaschmittel oder Colorwaschmittel verwendet werden.

Um spezielle Hygieneanforderungen bei der gewerblichen Textilreinigung zu erfüllen, können neben der thermischen Desinfektion auch Desinfektionswaschmittel eingesetzt werden, welche bei einer produktspezifischen Desinfektionstemperatur, Einwirkzeit und Flottenverhältnis angewendet werden müssen.

Der Einsatz von Phosphat ist zum Erreichen der Hygieneanforderungen, die an Krankenhauswäsche, Wäsche aus Lebensmittelbetrieben und Bewohnerwäsche aus Pflege-Einrichtungen gestellt werden, nicht notwendig. Bei Desinfektionswaschmitteln, die durch das RKI zugelassen oder beim VAH gelistet sind, wurde die mikrobiologische Wirksamkeit durch Sachverständigengutachten belegt und von unabhängigen Institutionen bestätigt.⁴²

Der Großteil der vom RKI gelisteten Desinfektionswaschmittel enthält Perverbindungen (Peressigsäure) als Wirkstoff. Es sind phosphatfreie Produkte am Markt verfügbar.

4.4 Ergebnisse der Literatur- und Internetrecherche zu gewerblichen Waschmitteln

Um Aussagen zu den Inhaltsstoffen von gewerblichen Waschmitteln zu treffen wurden die Inhaltstoffangaben der Waschmittel untersucht. Die Auswertung der Inhaltstoffangaben auf den genannten Onlineportalen ergab, dass bei gewerblichen Waschmitteln vor allem Phosphonate Phosphorquellen darstellen. Phosphate sind nur in Einzelfällen in Waschmitteln enthalten. Im Bereich der Waschkraftverstärker hingegen kommt der Einsatz von Phosphaten häufiger vor.

4.4.1 Phosphate

Die Recherchen zeigen, dass bei gewerblichen Waschmitteln phosphatfreie Formulierungen überwiegen: Eine Auswertung der Inhaltstoffangaben von sechs gewerblichen Flüssigwaschmitteln zeigt, dass diese Produkte phosphatfrei sind.

Bei hoher Verschmutzung gibt es im Bereich der Waschhilfsmittel Spezialprodukte, sogenannte Waschkraftverstärker. Von sieben Waschkraftverstärkern wurden die Inhaltsstoffe ausgewertet: drei davon enthalten Phosphat, wobei der Phosphatgehalt zwischen > 30 % Phosphat, 15 bis 30 % Phosphat und unter 5 % Phosphat variiert.

Für Schutzkleidung wird zum Waschen ein Colorwaschmittel ohne optischen Aufheller und Bleichmittel empfohlen. Die Colorwaschmittel sind auch im gewerblichen Bereich phosphatfrei. Im Anschluss an den Waschgang erfolgt z. B. für Chemikalien- und Feuerwehrschutzkleidung eine Imprägnierung mit einer Emulsion aus Fluorcarbonharzen zur Wiederherstellung der Schutzfunktion.⁴³

⁴² RKI und VAH verwenden unterschiedliche Prüfmethode und Bewertungskriterien, da die VAH-Liste in erster Linie auf die routinemäßige Desinfektion ausgerichtet ist, die Liste des RKI vornehmlich auf die behördlich angeordnete Desinfektion (RKI 2013a).

⁴³ Siehe z. B. Informationen der Chemischen Fabrik Kreussler & Co. GmbH unter http://de.kreussler-chemie.com/kunden/waeschereien/schutzkleidung_psa.html oder der Freiwillige Feuerwehr Rattenbach unter <http://www.ffw-rattenbach.de/schutzkleidung.html>.

Bei Schutzkleidung wie z. B. Schnittschutzhosen wird bei starker Verschmutzung der Einsatz eines Waschkraftverstärkers empfohlen, weil starke Verschmutzungen die Fasern, welche den Schnittschutz gewährleisten, verkleben.

4.4.2 Phosphonate

Die Auswertung der Inhaltsstoffangaben ergab, dass bei acht Desinfektionswaschmitteln in Dreiviertel der Produkte Phosphonate enthalten sind. Bei den anderen betrachteten sechs Waschmitteln sind in der Hälfte der Produkte Phosphonate enthalten und bei den acht untersuchten Waschkraftverstärkern in einem Viertel der Produkte. Wenn Phosphonate enthalten sind, liegen die Mengenangaben immer im Bereich von < 5 %.

4.4.3 Zwischenfazit

Die Auswertung der Inhaltsstoffangaben verschiedener Produkte der gewerblichen Textilreinigung ergab, dass in allen Bereichen phosphatfreie Produkte den Markt beherrschen. Im Bereich der Desinfektionswaschmittel und der sogenannten Waschkraftverstärker gibt es Produkte, die Phosphat enthalten.

Phosphatfreiheit ist in der gewerblichen Textilreinigung grundsätzlich möglich, auch bei Wäschestücken an die besondere Hygieneanforderungen gestellt werden.

4.5 Ergebnisse der Interviews zur gewerblichen Textilreinigung

In der Literaturrecherche konnten nicht alle Informationen zur Notwendigkeit des Einsatzes von Phosphorverbindungen in der gewerblichen Textilreinigung erhalten werden. Die noch fehlenden Informationen, wie Gesamteinsatzmengen an Phosphorkomponenten, Phosphat- und Phosphonatgehalte, Dosiermengen, Notwendigkeit des Einsatzes von Phosphorkomponenten oder Leistungsunterschiede zwischen Waschmitteln mit und ohne Phosphorkomponenten, wurden im Zuge einer schriftlichen Datenerhebungen und Interviews mit Anwendern sowie Maschinen- und Reinigungsmittelherstellern eingeholt. In Tabelle 3-5 in Kapitel 3.5.1 sind die Produktarten, die Anwendungsgebiete und die Funktion der relevanten Phosphorverbindungen in Wasch- und Reinigungsmitteln dargestellt.

Für die Waschmittel sind Phosphate und Phosphonate relevant. Die in den folgenden Kapiteln 4.5.1 und 4.5.2 dargestellten ergänzenden Informationen / Aussagen stammen aus den in Kapitel 2.2 genannten Befragungen und Interviews. Die in den folgenden Unterkapiteln dargestellten Ergebnisse sind direkte Angaben aus den Interviews und der Datenerhebung und wurden nur zum Zwecke der Anonymisierung zusammengefasst.

4.5.1 Phosphate

Phosphate werden in Waschmitteln vor allem als Härtestabilisator und Waschkraftverstärker eingesetzt. Eine Wasserenthärtung wird bei gewerblichen Maschinen im Normalfall vorgesehen, allerdings werden mit der Wäsche Metallionen in die Maschine eingebracht. Hier ist beispielsweise der Eintrag von Wasserhärte in Hotelhandtüchern (feucht oder eingetrocknet) zu nennen, deren Wasserhärte stabilisiert werden muss, um die gewünschte Reinigungswirkung zu erzielen. Hierfür können Phosphate eingesetzt werden, aber üblicherweise werden hier Phosphonate genutzt. Neben dieser Härtestabilisation gibt es Schmutz, welcher den Einsatz von Phosphaten notwendig macht, um ihn zu entfernen. Phosphate werden üblicherweise nicht in Basiswaschmitteln eingesetzt, sondern in zusätzlichen Waschhilfsmitteln wie Waschkraftverstärkern. Es existieren noch Basiswaschmittel auf dem Markt, welche Phosphat enthalten, doch ist dies eher ein Nischenmarkt, beispielsweise für Kleinbetriebe, die keine Vorenhärtung implementiert haben. Das Erreichen von Hygienestandards ist nicht mit dem Einsatz von Phosphaten verbunden.

Phosphate sind größtenteils bereits in Waschmitteln ersetzt und phosphatfreie Basiswaschmittel sind der Standard. Dennoch können Phosphate in Einzelfällen (z. B. partikuläre Verschmutzungen wie Metallabrieb, Straßenstaub oder Farbpigmente, Hygienisierung) bei den aktuellen Prozessen in Wäschereien notwendig sein, um die gewünschte Reinigungsleistung zu erreichen. Die Interviewpartner nannten Probleme im Betrieb der Anlage (z.B. Ausfall der Wasserenthärtung) ebenfalls als Grund zum Einsatz von Phosphaten um die Zeit zu überbrücken, bis die Enthärtung wieder funktioniert. Wäschereien spezialisieren sich in der Regel auf diese Art von Verschmutzung bzw. Wäsche und nutzen dann für ihre gesamte Arbeit phosphathaltige Waschmittel. Dies sind aber laut Aussagen der Interviewpartner Nischenanwendungen und die phosphathaltigen Waschmittel sind allgemein als Problemlöser und nicht als Allzweckmittel zu sehen. In diesen Einzelfällen würde eine Substitution wie in der Geschirrrreinigung eine Prozessumstellung mit den zugehörigen Folgen (höherer Energie- und Ressourcenbedarf) bedeuten.

Entsprechend den Aussagen in den Interviews muss eine Formulierung mit Phosphaten mindestens 2 % Kaliumtripolyphosphat enthalten um eine technisch relevante Wirkung zu erzielen.

4.5.2 Phosphonate

Phosphonate dienen in Waschmitteln als Härtestabilisator und zur Komplexierung weiterer Metalle. Sie dienen vor allem der Komplexierung von Metallen, die über die Wäsche, aus der Maschine (Rost) oder aus Rohrleitungen (z. B. Eisen) in die Maschine gelangen. Eine weitere Quelle ist beispielsweise das genutzte Wasser aus dem Brunnen der Wäscherei. Sie kann beispielsweise Mangan enthalten, welches bei der Enthärtung nicht entfernt wird. Diese Metallionen können Bleich- sowie Desinfektionsmittel zersetzen. Die Bleich- und Desinfektionsmittel reagieren in Anwesenheit der Metalle schneller ab und können ihre Wirkung nicht entfalten bzw. müssten massiv überdosiert werden. Zudem können die Metalle zu Schäden an der Wäsche (z. B. den Farben) führen.

Phosphonate sind als Stabilisator der Bleich- und Desinfektionsmittel in Waschmitteln technisch kritisch und nur schwer ersetzbar und würden eine Änderung der aktuellen Waschprozesse erfordern (mehr Wasser, mehr Temperatur, mehr Waschmittel). Die Reinigungsleistung würde nicht erreicht werden, da Bleich- und Desinfektionsmittel um ihr volles Potential erreichen zu können eine effektive Stabilisierung benötigen. Eine verlässliche chemische Desinfektion ist ohne effektive Stabilisierung ebenso nur schwer möglich. Ersatzstoffe für Phosphonate sind beispielsweise EDTA oder Polycarboxylate, welche aber im Gegensatz zu Phosphonaten stöchiometrisch bzw. überstöchiometrisch eingesetzt werden müssen. Die Ersatzstoffe werden zudem von Bleichmitteln, vor allem von Chlorabspaltern, angegriffen. Die Stärke der oxidierenden Wirkung ist abhängig vom Bleichmittel und vom jeweiligen Ersatzstoff. Übliche Bleichmittel sind vor allem Peressigsäure und Wasserstoffperoxid (bei hohen Waschttemperaturen), aber auch Chlor wird in verschiedenen Verbindungen bei starken Verschmutzungen eingesetzt. Das Bleichen findet fast immer statt, eine Ausnahme hiervon sind leicht verschmutzte Wäschestücke ohne Verschmutzungen durch Blut oder Lebensmittel, welche nur einen sehr kleinen Teil der gewerblichen Textilreinigung ausmachen. Hotelwäsche (Handtücher, Bettwäsche, Tischwäsche) wird beispielsweise auf Grund der Verschmutzung fast immer gebleicht, da die Kunden hier einen hohen Weißgrad fordern, welcher nicht ohne Bleichen realisiert werden kann. Eine Umstellung der Prozesse auf eine thermische Desinfektion ist möglich, hat aber Anpassungen an der Maschine zur Folge und bedingt einen deutlich höheren Energieeinsatz, da hier 90 °C über 10 Minuten oder 85 °C über 15 Minuten zu realisieren wären. Heutige Wäschestücke sind nicht für diese Temperaturen ausgelegt und würden beschädigt oder vollkommen zerstört werden.

Entsprechend den Aussagen in den Interviews muss eine Formulierung mit Phosphonaten mindestens 2 % Phosphonatverbindungen enthalten (entspricht 0,2 % P) um eine technisch relevante Wirkung zu erzielen.

4.6 Quantifizierung der Phosphorverbindungen in gewerblichen Waschmitteln

4.6.1 Ergebnisse der Befragung der Hersteller von gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln

Zur Quantifizierung der Phosphorverbindungen in gewerblichen Waschmitteln wurde eine Erhebung bei Herstellern von gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln durchgeführt. Der für die Befragung eingesetzte Fragebogen befindet sich im Anhang. Der Rücklauf der einzelnen Hersteller war gering, aber einige Hersteller verwiesen auf den IHO, welcher eine koordinierte Antwort auf den Fragebogen gab.

Für die gewerblichen Waschmittel wurde ein jährlicher Bedarf von 2.700 t Phosphat angegeben. Für die Phosphonate wurde eine Summe für gewerbliche Geschirrspülmittel und gewerbliche Waschmittel angegeben. Hier wurde ein jährlicher Bedarf von 2.000 t Phosphonat angegeben.

4.6.2 Berechnung der Einsatzmengen über Phosphorgehalte und Produktionsstatistik

Nach den Produktionserhebungen des Statistischen Bundesamtes aus dem Bereich der Wasch- und Reinigungsmittel „n.A.E.“ unterliegt die Produktion der Wasch- und Waschhilfsmittel gewissen Schwankungen, zeigen aber keine deutliche Zunahme (siehe nachfolgende Tabelle). Die Produktionsdaten können nicht mit Außenhandelsdaten zu Aus- und Einfuhr korrigiert werden, da die Außenhandelsstatistik „zubereitete Waschmittel, Waschhilfsmittel und zubereitete Reinigungsmittel“ aggregiert. Dies ist problematisch, da nur schwer abschätzbar ist, wie sich die Produktionsmenge zur eingesetzten Menge verhält.

Tabelle 4-3: Produktion von Wasch- und Waschhilfsmitteln, n.A.E. in t in Deutschland von 2010 bis 2015

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Universalwaschmittel, n.A.E.	5.518	5.228	5.063	5.416	8.318	4.842
Spezialwaschmittel, n.A.E.	n.v.	n.v.	2.163	2.871	3.554	3.123
Waschhilfsmittel, n.A.E.	6.835	2.573	3.278	3.027	4.226	4.777
Summe aus Universal-, Spezial- und Waschhilfsmittel, n.A.E.	n.v.	n.v.	10.504	11.314	16.098	12.742

Quelle: Nach Daten des Statistischen Bundesamtes

Im Rahmen der vor-Ort-Besuche der Hersteller wurden der Bereich der Massenanteile für Phosphate und Phosphonate erfragt. Demnach enthalten Standard-Basiswaschmittel 0 % Phosphat bzw. phosphathaltige Basiswaschmittel 20 – 25 % Phosphat. Für die Berechnung der eingesetzten Phosphatmengen muss über den gesamten Bereich von 0 – 25 % der Masse gerechnet werden, da keine Angaben zu Marktanteilen von phosphathaltigen bzw. -freien Waschmitteln vorliegen. Für Phosphonate (bezogen auf die Phosphonatgruppe) war die Angabe 0 – 1,5 % der Masse. Dies entspricht rund 0 – 0,6 % bezogen auf Phosphor oder etwa 0 – 5,7 % bezogen auf die gesamte Verbindung. Mit diesen Angaben und der Produktionsstatistik errechnen sich ein Phosphateinsatz von 0 – 3.185,5 Tonnen und ein Phosphonateinsatz von 0 – 191,13 Tonnen.

4.6.3 Berechnung der Einsatzmengen über eine Abschätzung des aktuellen deutschen Maschinenparks

Analog zu den gewerblichen Spülmaschinen ist eine Abschätzung des Verbrauchs an gewerblichen Waschmitteln über die Geräteanzahl im Bestand in Deutschland möglich. Hierzu wurden die Daten aus (Graulich et al. 2011) als Datenbasis herangezogen. Die Daten basieren auf einem abgestimmten Prozess mit allen wesentlichen Akteuren auf dem Markt.

Der deutsche Maschinenpark wurde mit den europäischen Angaben aus (Graulich et al. 2011) und der Annahme von 14 % aus (Rüdenauer et al. 2011) für 2009 berechnet. Dieser Bestand wurde auf 2015 hochgerechnet. Hierbei wurden die Wachstumsraten aus Task 2 von (Graulich et al. 2011) angenommen (1 % für WM1-5; 2 % für WM6; 3 % für WM7). Der jährliche Waschmittelverbrauch der einzelnen Maschinenkategorien ist in (Graulich et al. 2011) dargestellt. Die Berechnung des Waschmittelverbrauchs sind in Tabelle 4-4 aufgeführt. Der so ermittelte Waschmittelverbrauch von 65.958 Tonnen liegt wesentlich höher als die Produktionsstatistik mit 12.742 Tonnen für das Jahr 2015. Diese große Abweichung lässt sich über die oben erwähnte Problematik des nicht verlässlich abschätzbaren Im- und Exports von Waschmitteln und die Unsicherheiten in der Abschätzung der Einsatzmengen erklären. Aus diesem Grund wird nur der aus dem Maschinenpark berechnete Waschmittelverbrauch für die weiteren Kalkulationen in Tabelle 4-5 genutzt.

Tabelle 4-4: Jährliche Verbrauchsdaten aller Waschmaschinenkategorien im gewerblichen Bereich in Deutschland (unter realen Bedingungen)

	Gerätebestand in D 2009 (Graulich et al. 2011)	Gerätebestand in D 2015 (eigene Abschätzung)	Jährlicher Waschmittelverbrauch (in kg) (Graulich et al. 2011)	Waschmittelverbrauch (in t)
WM1: halb-gewerbliche Waschsleudermaschine	27.039	30.755	161	4.952
WM2: gewerbliche Waschsleudermaschine, < 15 kg	78.019	84.781	330	27.978
WM3: gewerbliche Waschsleudermaschine, 15-40 kg	11.393	12.314	798	9.827
WM5: Gewerbliche Waschtrockner	392	422	4.199	1.770
WM6: Gewerbliche Trennwandwaschmaschinen	293	323	140	45
WM4: Waschsleudermaschine, > 40 kg	1.466	1.600	1.216	1.946
WM7: Waschstraßen (Tunnelmaschinen)	429	471	41.310	19.441
Total	119.031	130.665	161	65.958

Quelle: Graulich et al. 2011

Auf Basis der Verbrauchsmengen in Tabelle 3-7 können mit den Angaben aus den vor-Ort-Besuchen für Phosphate (0 – 25 %) und Phosphonate (0 – 1,5 %) die Einsatzmengen berechnet werden. Dies ist in Tabelle 4-5 dargestellt.

Tabelle 4-5: Berechnete Einsatzmengen für Phosphate und Phosphonate für alle Waschmaschinentypen im gewerblichen Bereich (unter realen Bedingungen)

	Verbrauch an Phosphaten in 2015 (in t) (Annahme 0 %)	Verbrauch an Phosphaten in 2015 (in t) (Annahme 25 %)	Verbrauch an Phosphonaten in 2015 (in t) (Annahme 0 %)	Verbrauch an Phosphonaten in 2015 (in t) (Annahme 1,5 %)
WM1: halb-gewerbliche	0	1.238	0	74

	Verbrauch an Phosphaten in 2015 (in t) (Annahme 0 %)	Verbrauch an Phosphaten in 2015 (in t) (Annahme 25 %)	Verbrauch an Phosphonaten in 2015 (in t) (Annahme 0 %)	Verbrauch an Phosphonaten in 2015 (in t) (Annahme 1,5 %)
Waschschleudermaschine				
WM2: gewerbliche Waschschleudermaschine, < 15 kg	0	6.994	0	420
WM3: gewerbliche Waschschleudermaschine, 15-40 kg	0	2.457	0	147
WM5: Gewerbliche Waschtrockner	0	443	0	27
WM6: Gewerbliche Trennwandwaschmaschinen	0	11	0	1
WM4: Waschschleudermaschine, > 40 kg	0	486	0	29
WM7: Waschstraßen (Tunnelmaschinen)	0	4.860	0	292
Total	0	16.490	0	989

Quelle: eigene Berechnungen Öko-Institut e. V.

Die berechneten Mengen zeigen eine sehr große Bandbreite, jedoch ist eine weitere Eingrenzung der Einsatzmengen mit den vorliegenden Angaben nicht möglich.

4.6.4 Vergleich der Angaben des IHO und der berechneten Mengen

In Tabelle 4-6 sind die Einsatzmengen für Phosphate und Phosphonate aus den vorigen drei Unterkapiteln dargestellt.

Tabelle 4-6: Vergleich der angegebenen und berechneten Einsatzmengen für Phosphate und Phosphonate in der gewerblichen Textilreinigung

Quelle	Phosphate (in t)	Phosphonate (in t)
IHO	2.700	2.000 (inkl. Geschirrrreiniger)
Berechnung Verkaufsmengen (Angaben vor-Ort-Besuche)	0 bis 3.185	0 bis 191
Berechnung Maschinenpark (Angaben vor-Ort-Besuche)	0 bis 16.490	0 bis 989

Quelle: eigene Berechnungen Öko-Institut e. V. und (IHO 2017)

Es zeigt sich, dass die Angaben des IHO für Phosphate im Fenster der berechneten Mengen liegen.

Für Phosphonate muss die Menge in gewerblichen Geschirrrreinigern mitbetrachtet werden (siehe Kapitel 3.6). Diese betragen für die Berechnung über den Maschinenpark 634 bis 2.535 Tonnen. Zu-

sammen mit den Werten aus Tabelle 4-5 (0 – 989 Tonnen) kommt man auf eine Spanne von 634 – 3.524 Tonnen. Die Angaben des IHO für Phosphonate liegen etwa in der Mitte dieser berechneten Spanne.

5 Industrielle Reiniger

5.1 Erkenntnisse aus der Literaturrecherche

Die Ergebnisse der Recherche zeigen, dass in anderen industriellen Bereichen ebenfalls phosphathaltige und phosphorsäurehaltige Reiniger eingesetzt werden. Für die Produktgruppe **Fahrzeugreinigung** und -pflege gibt es Fahrzeugintensivreiniger, Planenreiniger, Felgenreiniger und Motorreiniger, die Phosphat enthalten. Die Mengenangaben variieren von unter 5 %, 15 % bis 30 %. Phosphonate sind in Einzelfällen in den Reinigern enthalten mit einer Mengenangabe von < 5 %.

Im Bereich der Fahrzeugreinigung gibt es zudem saure Reiniger die Phosphorsäure enthalten, etwa zur Rostentfernung und -umwandlung sowie zur Reinigung von Waschanlagen.

Im Bereich der **Fassadenreinigung** sind phosphathaltige Grundreiniger auf dem Markt. Auch saure Reiniger auf Phosphorsäurebasis sind zum Zweck der Entfernung von Kalkablagerungen, Rost und Zementschleier auf dem Markt erhältlich.

Im Bereich der Produktgruppen **Fußbodenreinigung, Industriereiniger, Reinigung im Gesundheitswesen und im gewerblichen Bereich** ist der Einsatzbereich vieler phosphathaltiger Grund- und Universalreiniger in den Produktdatenblättern beschrieben. Demnach erfolgt der Einsatz in den Bereichen Hochdruckreinigung, Reinigung von Glas-, Kunststoff- und Metallflächen, Reinigung von Maschinen und Geräten in der Industrie und in Lebensmittel verarbeitenden Betrieben. Auch saure Sanitärreiniger auf Phosphorsäurebasis haben ein breites Anwendungsspektrum, z. B. „im Nassbereich und in Schwimmbädern“ oder „im Hygiene- und Sanitärbereichen, Industrie und Gastronomie“ und sind teilweise auch als Hochdruckreinigungsmittel ausgewiesen. Die sauren Grundreiniger wirken teilweise als Entkalker, deren Einsatzbereich Produktgruppen-übergreifend ist und z. B. für die Reinigung von Melkmaschinen und -anlagen ausgewiesen ist. Zusätzlich gibt es spezielle Reiniger zum Entkalken auf Phosphorsäurebasis, z. B. Entkalker für Spülmaschinen, Heißwassergeräte und Waschmaschinen.

Weitere phosphathaltige Reiniger aus dem Bereich Fußbodenreinigung und Reinigung im gewerblichen Bereich sind Teppich- und Polsterreiniger, Decken- und Wandreiniger, Fettlöser und Kunststoffreiniger. Es gibt zudem Desinfektionsreiniger, die Phosphate enthalten, deren Anwendung in der Lebensmittel-verarbeitenden Industrie und in der Instrumentenreinigung liegen.

Im Bereich der **Metallreinigung** werden Phosphatierungsmittel, die Phosphorsäure enthalten, zur Reinigung und zur Vermittlung von Korrosionsschutz eingesetzt. Andere Reiniger für Metallteile oder für Werkstoffe enthalten Phosphat und sind in Verfahren wie Dampfstrahlreinigung oder Spritzanlagen einsetzbar.

Bei der Produktgruppe **Viehwirtschaft** gibt es zudem Euterreiniger, Tierwaschmittel und Stallreiniger, die Phosphat enthalten.

Bei der Produktgruppe „**graphisches Gewerbe**“ sind sehr spezielle lösungsmittelbasierte Reinigungsmittel im Einsatz, für die in der bisherigen Recherche keine Inhaltstoffangaben im Internet gefunden wurden.

5.1.1.1 Fazit aus der Literaturrecherche

Die Internetrecherche weist darauf hin, dass in industriellen Reinigern Phosphat und Phosphorsäure eingesetzt werden. Eine quantitative Abschätzung der eingesetzten Phosphormengen ist anhand der verfügbaren gesichteten Unterlagen nicht möglich, da die Angaben zum Anteil der P-Verbindungen in den Reinigungsmitteln nicht ausreichend genau sind. Auch ist nicht ableitbar, welcher Anteil der Anwendungen in welchem Umfang in das Abwasser bzw. in die Gewässer gelangt.

Die Mengenanteile und Nachfrage nach weiteren industriellen Reinigern, die möglicherweise Phosphat und andere Phosphorverbindungen enthalten, sollte deshalb in AP2 im Fragebogen an die Hersteller

von Wasch- und Reinigungsmittel aufgegriffen werden. Der Einsatz von Phosphat und Phosphorsäure in diesem Bereich soll zusätzlich durch eine Befragung der Rohstoffhersteller geprüft werden.

5.2 Ergänzende Informationen zu industriellen Reinigern

In der Literaturrecherche konnten nicht alle Informationen zur Notwendigkeit des Einsatzes von Phosphorverbindungen in industriellen Reinigern erhalten werden. Die noch fehlenden Informationen wurden im Zuge von Datenerhebungen und Interviews eingeholt. In Tabelle 3-5 in Kapitel 3.5.1 sind die Produktarten, die Anwendungsgebiete und die Funktion der relevanten Phosphorverbindungen in Wasch- und Reinigungsmitteln dargestellt.

Für die industriellen Reiniger sind Phosphorsäure, Phosphate und Phosphonate relevant. Die in den folgenden Kapiteln 5.2.1 und 5.2.2 dargestellten ergänzenden Informationen / Aussagen stammen aus den in Kapitel 2.2 genannten Befragungen und Interviews.

5.2.1 Phosphorsäure und Phosphat

In industriellen Reinigern spielen Phosphorsäure und Phosphate eine wichtige Rolle als Härtestabilisator, Entkalker und als Korrosionsinhibitor. Vor allem in der Lebensmittelindustrie werden saure Reiniger mit Phosphorsäure und Phosphaten genutzt. In der geschlossenen Reinigung (CIP-Reinigung (Cleaning in Place)) ist das Schmutztragevermögen ein wichtiger Parameter um Rohrleitungen in möglichst kurzer Zeit mit wenig Reinigungslösung wieder einsatzbereit zu machen.

Phosphorsäure kann durch organische Säuren bzw. auch mineralische Säuren (z. B. Salpetersäure) substituiert werden, was die Härtestabilisierung und Entkalkung angeht. Allerdings werden hierbei die Oberflächen angegriffen, da die passivierende Wirkung bei diesen Alternativen nicht vorhanden ist. Das notwendige Schmutztragevermögen kann beispielsweise durch Polycarboxylate realisiert werden, welche allerdings überstöchiometrisch eingesetzt werden müssen, um die gleiche Reinigungswirkung zu erzielen.

5.2.2 Phosphonate

Phosphonate dienen in industriellen Reinigern einerseits als Härtestabilisator andererseits als Stabilisator von Bleich- und Desinfektionskomponenten.

Ersatzstoffe für Phosphonate sind beispielsweise EDTA oder Polycarboxylate, welche aber im Gegensatz zu Phosphonaten stöchiometrisch bzw. überstöchiometrisch eingesetzt werden müssen. Zudem werden diese Ersatzstoffe von Bleichmitteln, vor allem von Chlorabspaltern, angegriffen. Die Stärke der oxidierenden Wirkung ist abhängig vom Bleichmittel und vom jeweiligen Ersatzstoff.

5.3 Quantifizierung der Phosphorverbindungen in industriellen Reinigern

5.3.1 Ergebnisse der Befragung der Hersteller von gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln

Zur Quantifizierung der Phosphorverbindungen in industriellen Reinigern wurde eine Erhebung bei Herstellern von gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln durchgeführt. Der für die Befragung eingesetzte Fragebogen findet sich im Anhang. Der Rücklauf der einzelnen Hersteller war gering, aber einige Hersteller verwiesen auf den IHO, welcher eine koordinierte Antwort auf den Fragebogen gab.

Für die industriellen Reiniger wurden vom IHO keine näheren Angaben zu den Gesamteinsatzmengen von Phosphaten und Phosphonaten gemacht. Es werden aber 1.750 t Phosphorsäure ausgewiesen, welche im Segment der industriellen Reiniger eingesetzt werden. Im Rahmen der vor-Ort-Besuche wurden für einzelne Produkte die Bereiche der Massenanteile für Phosphorsäure, Phosphate und Phosphonate erfragt. Diese werden in Tabelle 5-1 aufgeführt.

Tabelle 5-1: Massenanteile für Phosphorsäure, Phosphate und Phosphonate in industriellen Reinigern

Gerätekatgorien	Phosphorsäure	Phosphate	Phosphonate
Alkalische Reiniger	–	1 – 5 %	1 – 4 %
Saure Reiniger	25 – 50 %	–	–
Schaumreiniger	–	5 – 15 %	–
Alkalische CIP-Reiniger	–	1 – 5 %	1 – 5 %

Quelle: Angaben aus Interviews

Eine weitere Mengenabschätzung ist für den Bereich der industriellen Reiniger nicht möglich, da die Produktpalette und die Anwendungsfelder zu breit sind um eine sinnvolle Hochrechnung über die Statistik oder den Maschinenpark durchzuführen.

6 Abwasserrechtliche Regelungen und deren Wirkung auf eine mögliche Begrenzung von Phosphaten und anderen Phosphorverbindungen in gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln

In diesem Abschnitt soll überprüft werden, ob eine Begrenzung von Phosphaten und anderen Phosphorverbindungen in gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln vor dem Hintergrund der abwasserrechtlichen Regelungen und der tatsächlichen technischen Gegebenheiten zu einer Reduzierung des Phosphoreintrags in die Gewässer führt.

Hierfür werden zunächst in Kapitel 6.1 die Anforderungen an die Einleitung von Abwasser nach der Abwasserverordnung (AbwV) bei gewerblichen- und industriellen Wasch- und Reinigungsprozessen im Hinblick auf bestehende Beschränkungen von Phosphor dargestellt.

In den Kapiteln 6.2 und 6.3 werden die Phosphorfrachten im Zu- und Ablauf der kommunalen Kläranlagen sowie die verfahrenstechnischen Bedingungen für den Rückhalt von Phosphor in den Kläranlagen betrachtet. Die Auswirkungen neuer Regelungen für Phosphate und andere Phosphorverbindungen in gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln und der damit verbundenen reduzierten Zulauf- und Abfuhr auf den Betrieb der Kläranlagen werden in Kapitel 6.4 diskutiert.

Abschließend werden in Kapitel 6.5 die möglichen Reduzierungen von Phosphaten und anderen Phosphorverbindungen in gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln im Vergleich zu der Gesamtbilanz der Gewässer dargestellt.

6.1 Anforderungen entsprechend der Abwasserverordnung (AbwV)

Die Abwasserverordnung bestimmt die Mindestanforderungen für das Einleiten von Abwasser in Gewässer aus den in den Anhängen bestimmten Herkunftsbereichen sowie Anforderungen an die Errichtung, den Betrieb und die Benutzung von Abwasseranlagen (AbwV 2004). Im Einzelnen sind die spezifischen Anforderungen in den Anhängen 1 bis 57 nach den Herkunftsbereichen des Abwassers gegliedert, für die jeweils der Anwendungsbereich, die allgemeinen Anforderungen, die Anforderungen an das Abwasser für die Einleitungsstelle, die Anforderungen an das Abwasser vor der Vermischung und die Anforderungen an das Abwasser für den Ort des Anfalls definiert werden.

Hinsichtlich der Phosphoremissionen aus der Anwendung gewerblicher Wasch- und Reinigungsmitteln sind die Festlegungen in den folgenden Anhängen relevant:

- Anhang 1: Häusliches und kommunales Abwasser
- Anhang 38: Textilherstellung, Textilveredlung
- Anhang 55: Wäschereien
- Anhang 57: Wollwäschereien

Für die gewerbliche Geschirrrreinigung selbst existiert kein separater Anhang der AbwV, ebenso wenig wie für Gastronomie- oder ähnliche Betriebe.

Tabelle 6-1 zeigt die Anforderungen der AbwV Anhang 1 für häusliches und kommunales Abwasser. Die Anforderungen unterscheiden sich nach der Größenklasse der Kläranlage (GK1 bis GK5). In Tabelle 6-2 sind die Anforderungen der AbwV für Abwasser aus der Textilherstellung und Textilveredlung sowie Wäschereien und Wollwäschereien dargestellt.

Tabelle 6-1: Anforderungen der AbwV für häusliches und kommunales Abwasser bezüglich P_{ges}

	BSB ₅ Fracht (roh) in kg/Tag	Anforderungen laut AbwV	Einwohnerwert (EW)
GK1:	< 60	-/-	<1 000
GK2:	60 - 300	-/-	1 000 - 5 000
GK3:	> 300 - 600	-/-	5 001 - 10 000
GK4:	> 600 - 6 000	$\leq 2 \text{ mg / L } P_{ges}$	10 001 - 100 000
GK5:	> 6 000	$\leq 1 \text{ mg / L } P_{ges}$	> 100 000

Quelle: AbwV 2004

In Tabelle 6-1 ist der Einwohnerwert zur Information ergänzt. Der Einwohnerwert berechnet sich aus der BSB₅ Zulufracht in kg/Tag geteilt durch 0,06 kg BSB₅/Tag entsprechend einer durchschnittlichen einwohnerspezifischen Abwasserfracht. Der Einwohnerwert kann sich aus einer Kombination aus häuslichem und gewerblichem Abwasser zusammensetzen.

Tabelle 6-2: Anforderungen der AbwV für Abwasser aus der Textilherstellung, Textilveredelung sowie Wäschereien und Wollwäschereien bezüglich P_{ges}

Abwasserherkunft	Anforderungen laut AbwV
Anhang 38: Textilherstellung, Textilveredelung	$\leq 2 \text{ mg / L } P_{ges}$
Anhang 55: Wäschereien	$\leq 2 \text{ mg / L } P_{ges}$
Anhang 57: Wollwäschereien	$\leq 2 \text{ mg / L } P_{ges}$

Quelle: AbwV 2004

Über die Anzahl der gewerblichen Wäschereien oder Betriebe mit einer gewerblichen Geschirrerreinigung, die in Deutschland direkt in ein Gewässer einleiten, liegen uns keine Informationen vor. Ebenso liegen keine Information über die direkt oder indirekt eingeleiteten Abwassermengen oder P-Frachten aus Wäschereien oder Betrieben der gewerblichen Geschirrerreinigung vor.

Insgesamt ist aber davon auszugehen, dass die bei weitem überwiegende Menge, des aus der gewerblichen Textil- und Geschirrerreinigung in die Gewässer gelangenden Abwassers, über eine Abwasserbehandlung mit P-Elimination geführt wird, da sie entweder als Direkteinleiter nach Anhang 55 AbwV oder als Indirekteinleiter in kommunale Kläranlagen der Größenklasse 4 oder größer einleiten. Lediglich für den Fall, dass das Abwasser aus der gewerblichen Textil- oder Geschirrerreinigung in eine kommunale Kläranlage der GK 3 und kleiner geleitet wird, wären keine spezifischen Minderungsziele für die Phosphoremissionen wirksam.

6.2 Phosphorfrachten im kommunalen Abwasser

Der häusliche P_{ges} -Anteil im kommunalen Rohabwasser setzt sich aus menschlichen Ausscheidungen bzw. Abfällen sowie aus Wasch- und Reinigungsmitteln zusammen. Aus dem medizinischen Lehrbuch (Eastham 1981) geht hervor, dass der Anteil durch menschliche Ausscheidungen bei 1,5 bis 1,6 g $P_{ges}/(E \cdot d)$ liegt. Eine Zusammenstellung von (Böhler 2008) bestätigt entsprechende Angaben und spezifiziert die Herkunft von P_{ges} aus Stoffwechselprodukten mit 1,1 g P_{ges} pro Person und Tag aus dem Urin sowie und 0,5 g P_{ges} pro Person und Tag aus den Fäkalien.

Tabelle 6-3 zeigt eine Übersicht zur Herkunft des P_{ges} im häuslichen Abwasser. Demnach wird für 2005 davon ausgegangen, dass Haushaltsreiniger mit etwa 0,24 g P_{ges} pro Person und Tag zu den Frachten im häuslichen Abwasser beitragen.

Tabelle 6-3: Herkunft des P_{ges} im häuslichen Abwasser in Gramm pro Person und Tag

P-Herkunft	1975	1985	1990	1993	1999	2005
Stoffwechselprodukte	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Textilwaschmittel	2,25	1	0,3	0	0	0
Haushaltsreiniger / Spülmittel	0,75	0,6	0,15	0,04	0,2	0,24
Andere P-Quellen: Wäscheschmutz, Trinkwasserkonditionierung, Nahrungsmittelreste	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05
Gesamt	5,0	3,6	2,35	1,84	1,9	1,9

Quelle: Barjenbruch 2009

Bei einer Einwohneranzahl von 82,2 Millionen (Destatis 2016) ergibt sich, entsprechend Tabelle 6-3 damit für 2005 eine jährliche Fracht von 7.200 t / a P_{ges} aus Haushaltsreinigern und Spülmitteln. Das Umweltbundesamt (UBA 2017a) berichtet einen P_{ges} -Verbrauch im Haushaltsbereich, vor allem wegen der Phosphate in Maschinengeschirrspülmitteln von 7.200 bis 8.150 Tonnen P_{ges} pro Jahr (bzw. 22.000 bis 25.000 Phosphat). In (UBA 2017b) werden etwas höhere Werte genannt, wonach der Verbrauch im Haushaltsbereich im Jahr 2008 bei 10.160 Tonnen P_{ges} pro Jahr (bzw. 31.860 Phosphat) liegt. Die an den genannten Stellen getroffene Aussagen beziehen sich auf die Phosphatfrachten vor der praktischen Umsetzung der Verordnung (EG) Nr. 648/2004 über Detergenzien, die seit dem 1.1.2017 die P_{ges} -Fracht in Spülmitteln für den privaten Gebrauch deutlich begrenzt.

Unter Berücksichtigung des Gesamteintrages von in Tabelle 6-3 genannten 1,9 g P_{ges} pro Person und Tag ergibt sich eine Fracht von 57.000 t / a P_{ges} aus dem häuslichen Abwasser.

Im Rahmen der jährlichen Leistungsvergleiche der kommunalen Kläranlagen durch die DWA wurden, zuletzt für das Jahr 2013, die Zu- und Ablaufkonzentrationen an P_{ges} im Detail statistisch ausgewertet. Laut DWA 2014 ergibt sich, wie in Tabelle 6-4 dargestellt, für 92 % der Kläranlagenausbaupkapazität eine gesamte Zulauf Fracht (also aus häuslichem Abwasser und aus Indirekteinleitern) zu den betrachteten kommunalen Kläranlagen von 60.577 t / a P_{ges} .

Unter Berücksichtigung, dass die Frachtberechnungen der DWA nur 92 % der Ausbaupkapazität abdecken könnte man rein rechnerisch die tatsächliche Zulauf Fracht auf $60.577 / 0,92 = 65.844$ t / a P_{ges} hochrechnen⁴⁴.

Die Differenz zwischen 57.000 t / a P_{ges} im häuslichen Abwasser und (rechnerisch) 65.844 t / a P_{ges} im Zulauf der kommunalen Kläranlagen beträgt 8.844 t / a P_{ges} . Diese Differenz kann einerseits durch

⁴⁴ Unter Umständen wäre auch der Anschlussgrad von 95,6 % (DWA 2014) zu berücksichtigen. Unter nicht angeschlossene Einwohnern versteht man in der Regel Anwesen im Außenbereich, für die ein Anschluss an die kommunale Kläranlage (eigentlich mit Anschluss- und Benutzerzwang) derzeit (meist in der Abwägung der Kosten für den Anschluss und der in Kauf genommenen Gewässerbeeinträchtigung) nicht erfolgt ist. Dabei wird das Wasser in der Regel in privaten Kleinkläranlagen behandelt oder Sammelgruben gesammelt. Da nicht damit zu rechnen ist, dass an solchen Standorten relevante Standorte für die gewerbliche Geschirrr- und Textilreinigung anzutreffen sind, wird auf eine Zuschätzung hier verzichtet.

Ungenauigkeiten in der Bilanzierung und/oder durch Einträge von gewerblichen Indirekteinleitern verursacht werden. Die Einleitungen von gewerblichen Indirekteinleitern bestehen nicht nur aus Einleitungen durch gewerbliche Textil- und Geschirrrreinigung sondern auch aus der Lebensmittelverarbeitung inklusive Getränkeabfüllbetriebe bis hin zu Kleinbetrieben wie z. B. Metzgereien die zwar über Fettabscheider aber nicht über einen Rückhalt für Phosphate verfügen.

Tabelle 6-4: Zulauf Fracht an P_{ges} in kommunalen Kläranlagen

Größenklasse	Anzahl	BSB ₅ Fracht (roh) in kg / Tag	Einwohnerwert (EW)	Summe der Ausbauwerte in Mio. EW	P-Fracht im Zulauf (t / a)
GK1:	943	< 60	<1 000	0,46	322
GK2:	1 597	60 - 300	1 000 - 5 000	4,33	1 836
GK3:	727	> 300 - 600	5 001 - 10 000	5,54	2 561
GK4:	1 680	> 600 - 6 000	10 001 - 100 000	55,74	24 832
GK5:	221	> 6 000	> 100 000	73,00	31 155
Gesamt	5 168			139,2	60 577

Quelle: DWA 2014

Alle Angaben über die Zulauf Frachten gelten für die Zeit vor der Einführung der Regelungen über den Phosphorgehalt in Geschirrspülmitteln für den häuslichen Gebrauch. Insofern kann davon ausgegangen werden, dass sich in 2017 die Fracht aus Geschirrspülmitteln deutlich reduzieren wird. Aktuelle Untersuchungen hierzu liegen noch nicht vor.

6.3 Ablauf Frachten und Reinigungsleistung der Kläranlagen

Die P-Ablauf Frachten aus kommunalen Kläranlagen setzen sich überwiegend aus den folgenden beiden Anteilen zusammen:

- P gebunden in der Feststofffracht:** Typische Ablaufwerte liegen zwischen 8 - 10 g TS/m³, davon 2,5 % bis 3 % P also ca. 0,25 g P/m³ aus den Feststoffen die nicht in der Kläranlage zurückgehalten werden (Böhler 2008). Diese Werte können jedoch deutlich überschritten werden, sobald schlechte Absetzeigenschaften des Belebtschlammes vorliegen und dann dauerhaft Werte von bis zu 20 g TS/m³ (0,6 g P m³) erreichen.
Diese an die Feststoffe gebundene Phosphorfracht ist im Wesentlichen abhängig von der spezifischen Verfahrenstechnik und Abwasserzusammensetzung. Eine Reduzierung der P-Einträge aus gewerblichen Geschirr- und Reinigungsmitteln wird in aller Regel keinen Einfluss auf diese Ablauf Frachten haben. Um eine Reduzierung der Feststofffrachten im Ablauf zu erreichen sind entweder verfahrenstechnische Optimierungen erforderlich oder auch nachgeschaltete Filter, wie sie z. B. auch im Zusammenhang mit der Elimination von Mikroschadstoffen/Arzneimitteln diskutiert werden.
- Gelöstes PO_4^{3-} :** Dieser Anteil kann neben der biologischen P-Elimination vor allem durch chemische Fällung verringert werden. Die erreichte Reduzierung ergibt sich einerseits aus den technischen Rahmenbedingungen an der Einleitstelle der Fällmittel, der anlagenspezifischen Abwasserzusammensetzung sowie der Menge und Zusammensetzung der zudosierten Fällmittel.
- Phosphonate:** In einem seit 2015 und noch bis Mitte 2018 laufenden Forschungsvorhaben werden vom DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW) in Zusammenarbeit mit dem Institut

für Siedlungswasserbau, Wassergüte und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart die Phosphonate in Wasch- und Reinigungsmitteln und deren Verbleib in der Umwelt untersucht (UBA FKZ 3715651410).

Die Projektbeschreibung des Forschungsvorhabens legt die folgenden Arbeitsschritte dar: „Im Rahmen eines UBA-Vorhabens zu schwer abbaubaren organischen Inhaltsstoffen in Wasch- und Reinigungsmitteln (FKZ 3709 65 430) wurde festgestellt, dass der Hauptanteil ins Abwasser eingetragener Phosphonate dem Einsatz von Wasch- und Reinigungsmitteln (WRM) entstammt. Die in WRM eingesetzten Phosphonate sind bekannt: Sie sind biologisch schwer abbaubar, einzelne zudem ökotoxisch. Die bislang vorliegenden Daten hinsichtlich ihres Verhaltens und Verbleibs in der Umwelt sind unzureichend und lassen eine Umweltrisikobewertung nicht zu. Nach derzeitigem Kenntnisstand kann nicht ausgeschlossen werden, dass Phosphonate Kläranlagen in relevanten Mengen passieren, in der aquatischen Umwelt langfristig akkumulieren sowie nachteilig auf Wasserorganismen wirken können. In einem ersten Schritt sollen daher geeignete Verfahren zur Analyse von WRM-relevanten Phosphonaten in Sediment- und Wasserproben identifiziert und/oder angepasst bzw. entwickelt werden. Auf Basis der entwickelten Analytik soll im zweiten Teil des Projekts ihr Verbleib in der Umwelt exemplarisch an ausgewählten Kläranlagen und Gewässern untersucht werden. Projektablauf/-inhalt: a) Literaturrecherche zur Erhebung vorhandener Methoden zur Bestimmung WRM-relevanter Phosphonate; b) Bei Bedarf (Weiter-) Entwicklung geeigneter Methoden; c) Anpassung der Methodik für die Analytik von Oberflächenwasser, Abwasser und Sediment; d) Messung WRM-relevanter Phosphonate in Zu- und Ablauf ausgewählter Kläranlagen; e) Messung WRM-relevanter Phosphonate in Sediment und Oberflächenwasser ausgewählter Gewässer. Auf Grundlage der Ergebnisse zum Verbleib von WRM-relevanten Phosphonaten in der Umwelt sollen durch das UBA Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, die zu einer wirksamen Reduktion des Eintrags dieser schwer abbaubaren Inhaltsstoffe führen.“

Wie von der Universität Stuttgart zu erfahren war (Telefonat mit Herrn Minke am 18.09.2017), ist der erste Teil, die Entwicklung adäquater Analysemethoden inzwischen weitgehend abgeschlossen und es wurden auch Messungen in Gewässern vor und nach Kläranlageneinleitungen durchgeführt. Mit dem Abschlussbericht ist allerdings erst im Frühjahr 2018 zu rechnen.

Laut Dr. J. Schönung (Stadtentwässerung Mannheim) und Herr J. Herb (Abwasserzweckverband Breisgauer Bucht) (Telefonate am 11.09.2017) ist damit zu rechnen, dass die Phosphonate einer P-Fällung nicht effektiv zugänglich sind. Demnach werden ggf. minimale Mengen adsorbiert oder biologisch angegriffen, aber der Hauptteil geht durch die Kläranlage direkt in die Vorfluter.

Im Rahmen des bereits zuvor erwähnten jährlichen Leistungsvergleiches der kommunalen Kläranlagen durch die DWA wurden, zuletzt für das Jahr 2013, die Ablaufkonzentrationen an P_{ges} im Detail statistisch ausgewertet. Dies ist in Abbildung 6-1 dargestellt.

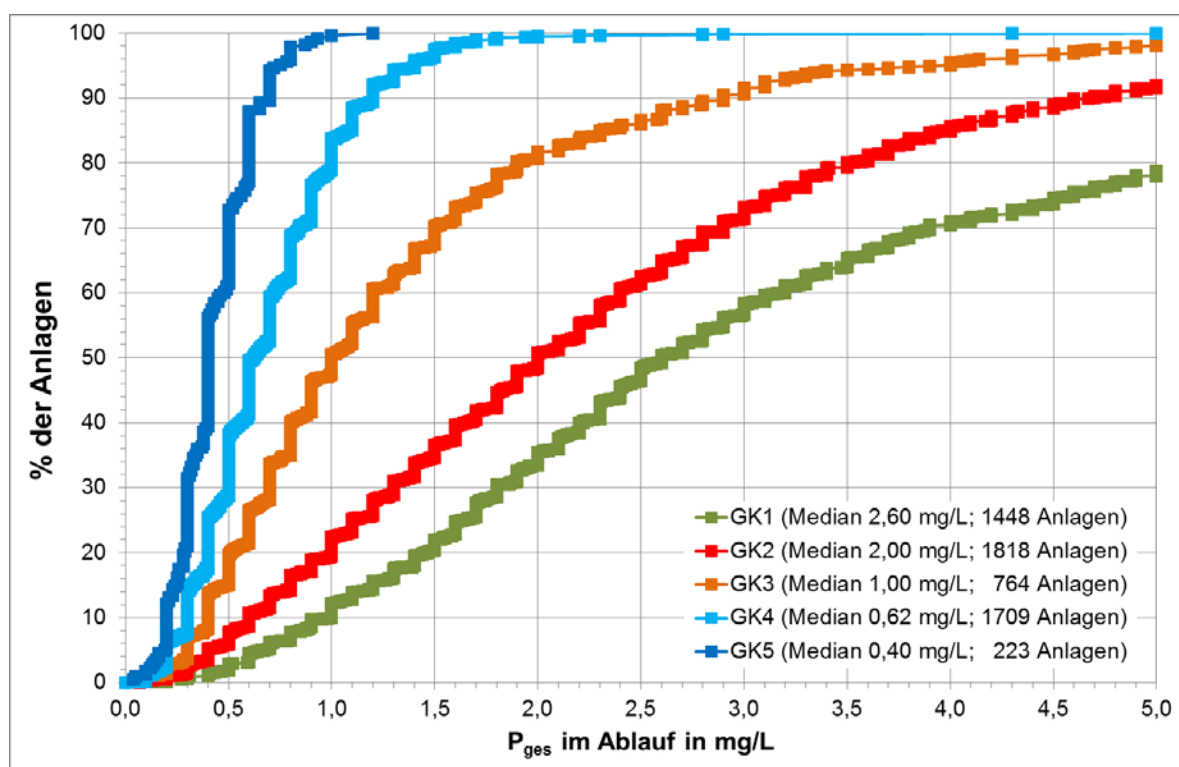
Wie aus Tabelle 6-1 ersichtlich, bestehen für Kläranlagen der GK1 - 3 keine Anforderungen aus der AbwV bestimmte Phosphorkonzentrationen im Ablauf einzuhalten. In solchen Anlagen hätte eine Reduzierung der Zulaufkraft an P_{ges} durch eine Änderung der PHöchstMengV theoretisch eine unmittelbare Wirkung auf die Ablaufkraft. Für viele Kläranlagen der GK3 und auch einige der GK2 und wenige der GK1 haben die regionalen Aufsichtsbehörden allerdings bereits Anforderungen festgelegt die über die Anforderungen der AbwV hinausgehen und dann auch eine P-Fällung erforderlich machen. Diese Anforderungen können vor allem aufgrund der Bewirtschaftungspläne entsprechend der Wasser-rahmenrichtlinie begründet werden. Gleichwohl kann auch der Kläranlagenbetreiber von Anlagen der GK1- 3 aus eigenem Antrieb (z. B. um Abwasserabgaben einzusparen) eine Reduzierung der P_{ges} -Ablaufwerte anstreben.

Diese heterogene Situation spiegelt sich auch in den Ablaufwerten der kommunalen Kläranlagen wider. Abbildung 6-1: In der GK5 liegen die Ablaufkonzentrationen in aller Regel unter 1,0 mg/L, in der

GK4 bis auf wenige Ausnahmen unter 2,0 mg/L. Aber auch 80 % der GK3 unterschreiten einen Jahresmittelwert von 2,0 mg/L P_{ges} und auch in der GK2 gilt dies noch für 50 % der Anlagen.

Kommentar ergänzen zur Anzahl der berücksichtigten Anlagen in Tabelle 6-3, Abbildung 6-1 und Tabelle 6-4.

Abbildung 6-1: Summenhäufigkeit der P_{ges} -Konzentrationen im Ablauf der kommunalen Kläranlagen (Jahresmittelwert 2013)



Quelle: DWA 2014

Insgesamt ergibt sich eine berechnete Ablauffracht von 6.063 t / a P_{ges} aus dem Ablauf kommunaler Kläranlagen, die am Leistungsvergleich der DWA teilgenommen haben, sowie eine durchschnittliche Reduzierung der P_{ges} Zulauf fracht um 90 %.

Tabelle 6-5: Ablauffracht an P_{ges} aus kommunalen Kläranlagen für 2013 nach DWA

Größenklasse	Anzahl der berücksichtigten Anlagen	Summe der Ausbauwerte in Mio. EW	Mittler Belastung in Mio. EW	P-Fracht im Ablauf (t / a)	Reduzierung um % verglichen mit der Zulauf fracht
GK1:	943	0,46	0,43	129	59,9 %
GK2:	1 597	4,33	3,68	834	54,6 %
GK3:	727	5,54	4,48	590	77,0 %
GK4:	1 680	55,74	41,23	2 496	89,9 %
GK5:	221	73,00	55,55	2 014	93,5 %
Gesamt	5 168	139,2	105,38	6 063	90,0 %

Quelle: DWA 2014

Die Erhebungen des Statistischen Bundesamtes Tabelle 6-6 decken einen größeren Anteil der Kläranlagen ab, als die oben dargestellten Daten der DWA. Demnach ergibt sich für 2013 eine Ablaufracht von 7171 t / a P_{Ges} . Die Erhebungen des Statistischen Bundesamtes decken aber leider nicht die P-Zulaufmengen ab, insofern sind die Angaben in DWA 2014 weiterhin erforderlich um die Reinigungsleistung zu ermitteln.

Tabelle 6-6: Ablaufracht an P_{Ges} aus kommunalen Kläranlagen für 2013 nach Statistischem Bundesamt

Größenklasse	Anzahl der berücksichtigten Anlagen	Jahreswassermenge in 1000 m ³	Davon mit Ablaufmessungen erfasst	P-Fracht im Ablauf (t / a)	Durchschnittliche Ablaufkonzentration in g / m ³
GK1:	3 917	114 071	97,78 %	314	2,8
GK2:	2 383	563 031	99,86 %	1 179	2,1
GK3:	873	556 969	99,92 %	748	1,3
GK4:	1 899	4 158 900	99,98 %	2 848	0,7
GK5:	235	4 432 227	100,00 %	2 082	0,5
Gesamt	9 307	9 825 198	99,95 %	7 171	

Quelle: Statistisches Bundesamt 2015

6.4 Auswirkungen durch einen reduzierten Phosphor-Eintrag

Theoretisch führt eine Reduzierung des PO_4^{3-} -Eintrages im Zulauf der Kläranlage unter ansonsten gleichen Bedingungen auf einer Kläranlage, die bereits über eine P-Fällung verfügt⁴⁵ (sprich: die gleiche Einsatzmenge an Fällmitteln), zu einer Reduzierung der Ablaufwerte. Dabei kann aber nicht von einem linearen Zusammenhang ausgegangen werden, da der Wirkungsgrad der Fällungsreaktion konzentrationsabhängig verläuft und zudem die Ablaufwerte bei weitgehender Reinigung weniger von den fällbaren PO_4^{3-} Ionen bestimmt werden sondern vielmehr von den betrieblichen Bedingungen die den Feststoffaustrag verursachen (Schlammcharakteristik, Design der Nachklärung) sowie vom Anteil der schwerabbaubaren Bestandteile des P_{Ges} im Ablauf (z. B. Phosphonat).

In der Praxis finden allerdings die von der DWA veröffentlichten technischen Regeln zu Chemisch-physikalische Verfahren zur Elimination von Phosphor aus Abwasser (DWA 2011) Anwendung, wonach die Dosierung in Abhängigkeit von den tatsächlichen Verhältnissen vor Ort erfolgt:

„Eine Steuerung der Fällmitteldosierung kann zeitabhängig, unter Berücksichtigung gemessener Ganglinien (kleine Kläranlagen), wassermengenproportional (mittelgroße Kläranlagen) oder phosphorfrachtproportional (große Kläranlagen) durchgeführt werden. Daneben wird auch eine konstante Dosierung oder eine Regelung der Dosierung in Abhängigkeit zur Phosphatkonzentration im Ablauf eingesetzt.“

⁴⁵ Kläranlagen der GK4 und 5 sind in aller Regel mit einer P-Fällung ausgestattet, da die geforderten Ablaufwerte nur mit einem solchen Technologieschritt erreichbar sind. Zum Teil verfügen diese Anlagen auch über ergänzende oder weitergehende Technologien wie biologische P-Elimination und oder Flockungsfiltration.

Auch die Kläranlagen der GK3 sind inzwischen sehr häufig mit einer P-Fällung ausgestattet. Entweder im Rahmen besonderer Anforderungen der Genehmigungsbehörden oder auf freiwilliger Basis. Die Kläranlagen der GK 1 sind am seltensten mit einer P-Fällung ausgestattet.

Ein konstante Dosierung erfolgt, schon allein aus wirtschaftlichen Gründen zur Reduzierung der Fällmittellkosten, nur noch bei sehr kleinen Kläranlagen bei denen der Betreiber nicht über das nötige Know how verfügt um eine Steuerung bzw. Regelung zu implementieren oder die Anlage klein und die Betriebskosten so niedrig sind, dass sich die Investitionen in eine Steuerung oder Regelung nicht rentieren.

Im Resultat ist davon auszugehen, dass die Kläranlagenbetreiber im Rahmen der Steuerung bzw. Regelung auf veränderte Zulaufwerte reagieren und die Fällmitteldosierung reduzieren, da sie auch mit nunmehr geringerem Fällmitteleinsatz die Einleitwerte sicher einhalten. In diesem Fall ergäben sich Kosteneinsparungen für den Betrieb der Kläranlage durch die reduzierte Menge an Fällmitteln und durch die reduzierte Menge an Klärschlamm.

Da die großen Kläranlagen der GK4 und 5 meist, wie oben dargestellt, über eine geregelte Dosierung der Fällmittel verfügen, würde also eine Reduzierung der lösbaren P-Zulaufkraft bei diesen Kläranlagen im Wesentlichen zu einer Reduzierung der Kosten der Kläranlagenbetreiber führen. Auch für die überwiegende Zahl der Kläranlagen der GK 2 und 3 die über eine P-Elimination verfügen werden Ihre Fällmitteldosierung innerhalb kurzer Zeit an die reduzierten Zulaufkräften anpassen. Für die Kläranlagen der GK1 ist nicht so eindeutig vorherzusagen, ob die Anlagen die über eine P-Elimination verfügen auf eine veränderte Zulaufkraft reagieren würden. Aus diesem Grund wird hier im folgenden Kapitel der ungünstigste Fall berücksichtigt, als wäre in der GK1 keine P-Fällung vorhanden.

6.5 Einträge in Gewässer

6.5.1 Anwendungsmengen von P-Verbindungen

In Kapitel 3.6, 4.6 und 5.3 wurden die Phosphormengen in gewerblichen und industriellen Wasch- und Reinigungsmitteln quantifiziert.

Anhand der Angaben des IHO ergibt sich eine Anwendungsmenge für gewerbliche Geschirrrreiniger von 8.000 t Phosphate (entsprechend 2.610 t Phosphor⁴⁶). Für gewerbliche Waschmittel wurde eine Menge von 2.700 t Phosphate genannt (entsprechend 881 t Phosphor). Für alle Anwendungen, aber vor allem industrielle Reiniger, wurden 1.750 t Phosphorsäure genannt (entsprechend 553 t Phosphor⁴⁷). In der Summe ergibt sich damit 4.044 t P_{ges} aus Phosphorsäure und Phosphaten.

Zusätzlich wurden für alle Anwendungen 2.000 t Phosphonate genannt (entsprechend 756 t Phosphor⁴⁸). In Summe werden demnach in Deutschland in gewerblichen und industriellen Wasch- und Reinigungsmitteln rund 4.800 t Phosphor eingesetzt.

Im Rahmen der Erhebungen wurden zudem die Anwendungsmengen anhand der Maschinenparks, der Testreiniger (nur für Geschirrspülung) sowie der Verkaufsmengen ermittelt. Aufgrund fehlender Angaben über die Marktanteile der Reiniger mit unterschiedlichem P-Gehalt konnten mit diesen Methoden jedoch nur Spannbreiten ermittelt werden. Insgesamt ergibt sich damit für die gewerbliche Textil- und Geschirrrreinigung eine Spannbreite von 0 bis 35.499 t Phosphat sowie von 318 bis 3.524 t Phosphonat (siehe Kapitel 3.6 und 4.6). Dies entspricht einer Anwendungsmenge von 0 bis 11.582 t P aus Phosphat sowie 120 bis 1.332 t P Phosphonat. Insgesamt also maximal 12.914 t P_{ges}.

⁴⁶ Umrechnung: Molmasse Phosphat (PO₄): 94,97 g / mol; anteilige Molmasse Phosphor: 30,97 g / mol; Umrechnungsfaktor 0,326)

⁴⁷ Umrechnung: Molmasse Phosphorsäure (H₃PO₄): 97,99 g / mol; anteilige Molmasse Phosphor: 30,97 g / mol; Umrechnungsfaktor 0,316)

⁴⁸ Umrechnung: Molmasse Phosphonsäuregruppe (-PO(OH)₂): 81,99 g / mol; anteilige Molmasse Phosphor 30,97 g / mol; Umrechnungsfaktor 0,378).

Dem steht die in Kapitel 6.2 ermittelte Zulauffracht aus nichthäuslichem Abwasser von $8.844 \text{ t} / \text{a P}_{\text{ges}}$ gegenüber. Insofern sind Einträge aus der gewerblichen Textil- und Geschirrrreinigung von mehr als $8.844 \text{ t} / \text{a P}_{\text{ges}}$ auszuschließen.

Vielmehr muss berücksichtigt werden, dass neben Einträgen aus der gewerblichen Textil- und Geschirrrreinigung auch andere nichthäusliche Einträge zu der Summe von $8.844 \text{ t} / \text{a P}_{\text{ges}}$ beitragen. Solche Einträge können z.B. aus der Lebensmittelverarbeitung und von Getränkeabfüllbetrieben stammen⁴⁹. Die jeweiligen örtlichen Satzungen legen die Anforderungen an Indirekteinleiter (also Einleiter in das kommunale Kanalnetz) fest. Die Anforderungen in diesen örtlichen Satzungen können sehr unterschiedlich sein. So liegt z.B. der Grenzwert für die Einleitung in das öffentliche Kanalnetz in Darmstadt bei $15 \text{ mg P}_{\text{ges}} / \text{L}$ in Berlin bei $50 \text{ mg P}_{\text{ges}} / \text{L}$ ⁵⁰ und in Freiburg ist gar kein Grenzwert festgelegt sondern lediglich ein Schwellenwert⁵¹ ab dem eine erhöhte Abwassergebühr für stark verschmutztes Abwasser zu bezahlen ist.

Es muss davon ausgegangen werden, dass eine relevante Anzahl von Lebensmittelverarbeitungs- und Getränkeabfüllbetrieben in die öffentliche Kanalisation einleiten und dass diese Anlagen die Grenz- bzw. Schwellenwerte auch ausschöpfen, soweit das für die Betreiber wirtschaftlich attraktiv ist.

Für eine exakte Berechnung der Beiträge von anderen Indirekteinleitern als der gewerblichen Textil- und Geschirrrreinigung zur Zulauffracht der kommunalen Kläranlagen liegen uns keine Daten vor.

Vor dem Hintergrund dieses Gesamtbildes der Anwendungsmengen (und der gemessenen Zulauffrachten zu den Kläranlagen) wird im Folgenden eine Spanne von 3.000 bis 5.000 t P_{ges} (aus Phosphaten und Phosphorsäure) aus gewerblichen und industriellen Wasch- und Reinigungsmitteln für die Berechnungen der Emissionen aus Kläranlagen zugrunde gelegt. Dies entspricht einer Schwankungsbreite von 1000 t P_{ges} gegenüber den vom IHO angegebenen Werten von 4.044 t P_{ges} . Die Phosphonate werden bei den folgenden Berechnungen separat betrachtet.

6.5.2 Einträge aus der Anwendung von Phosphonaten

Für die in Kapitel 6.5.1 genannten P-Emissionen aus Phosphonaten ist die mögliche Rückhaltleistung in den Kläranlagen unklar (siehe hierzu Kapitel 6.3). Nach derzeitigem Kenntnisstand (HERA 2004⁵², Happel 2018) kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass ein Teil dieser P-Fracht nicht in den Kläranlagen zurückgehalten werden kann und somit in die Gewässer gelangt. Über die Wirkung der Phosphonate in den Gewässern bestehen derzeit ebenfalls noch Wissenslücken.

6.5.3 Einträge aus der Anwendung von Phosphaten und Phosphorsäure

Wie in Kapitel 6.4 ausgeführt, ist eine Verschärfung der Phosphatgehalte in der Phosphathöchstmengenverordnung für Wasch- und Reinigungsmittel im gewerblichen und industriellen Bereich nicht hinreichend um eine Reduzierung der P-Ablaufmengen aus Kläranlagen mit bereits vorhandener P-

⁴⁹ Direkteinleiter aus der Lebensmittelverarbeitung fallen in der Regel unter die jeweils relevanten Anhänge der AbwV und müssen mit betrieblichen Reinigungsanlagen die entsprechenden Einleitewerte in die Gewässer einhalten. Entsprechende Regelungen finden sich z.B. Anhang 3: Milchverarbeitung, Anhang 6: Herstellung von Erfrischungsgetränken, Anhang 7: Fischverarbeitung, Anhang 10: Fleischwirtschaft, Anhang 11: Brauereien, Anhang 12: Herstellung von Alkohol und alkoholischen Getränken. Der in der AbwV festgelegte Einleitewert für diese Anlagen beträgt $2 \text{ mg} / \text{l}$.

⁵⁰ Für Berlin können im Einzelfall in Abhängigkeit von den örtlichen Verhältnissen auch höhere Grenzwerte zugelassen werden.

⁵¹ $\geq 2000 \text{ m}^3$ Abwasser mit durchschnittlich $\geq 12 \text{ mg P}_{\text{ges}} / \text{L}$.

⁵² Das HERA-Projekt (Human and Environmental Risk Assessment) ist eine freiwillige europäische Initiative 1999 initiiert durch A.I.S.E. (International Association for Soaps, Detergents and Maintenance Products) und Cefic (European Chemical Industry Council).

Fällung (Anlagen der GK5 und 4, sowie teilweise der GK3 und 2 und selten der GK1) zu erreichen. Dies wäre nur in Kombination mit verschärften Regelungen zu den Anforderungen an die P-Ablaufwerte der Kläranlagen möglich.

Gleichwohl verbleiben zwei theoretische Konstellationen in denen die P-Frachten aus phosphathaltigen Reinigungsmitteln in die Gewässer gelangen können:

- a) Einleitungen aus der gewerblichen Anwendung der Reinigungsmittel in Kläranlagen der GK1 bis 3 die nicht über eine P-Fällung verfügen;
- b) Emissionen im Fall von Mischwasserentlastungen.

6.5.4 Einleitungen aus der gewerblichen Anwendung der Reinigungsmittel in Kläranlagen der GK1 bis 3 die vermutlich nicht über eine P-Fällung verfügen

Unter Berücksichtigung

- ▶ der anteiligen Jahreswassermenge in Spalte (4) in Tabelle 6-7; Auf diese Art wird zugrunde gelegt, dass die Nutzer der Reinigungsmittel über die GK der Kläranlagen gleichverteilt sind,
- ▶ der Kläranlagen die möglicherweise nicht über eine P-Fällung verfügen (Anlagen mit einer Ablaufkonzentration (Schwellenwert) von im Jahresdurchschnitt $> 2,0 \text{ mg P}_{\text{ges}}/\text{L}$) in Spalte (5) in Tabelle 6-7,
- ▶ der in Kapitel 6.5.1 aufgeführten Mengen über den reduzierten P-Eintrag von 3.000 bis 5.000 t $\text{P}_{\text{ges}}/\text{a}$ (Phosphate)

ergibt sich mit der Berechnung:

$$[\text{Anteil Jahreswassermenge Spalte (4) in Tabelle 6-7}] * [\text{Anteil der Kläranlagen mit } > 2 \text{ mg P}_{\text{ges}} / \text{L im Ablauf (5)}] * [3.000 \text{ bis } 5.000 \text{ t Phosphor im Zulauf}]$$

Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich eine emittierte P_{ges} Menge im Ablauf der Kläranlagen aus gewerblichen Textil und Geschirrrreinigern von etwa 153 bis 255 t / a.

Tabelle 6-7: Rechnerisch mögliche Phosphor Emissionen durch gewerbliche Anwendung von Reinigungsmitteln und Einleitung der Abwässer in Kläranlagen der GK1 bis 3 die nicht über eine P-Fällung verfügen (Für eine Spanne von 3.000 - 5.000 t P_{ges} im Zulauf)

Größen- klasse	Anzahl der berücksich- tigten Anlagen ^{a)}	Jahreswasser- menge in 1000 m ³ ^{a)}	Anteil der Jahres- wasser- menge in %	Anteil der Kläranlagen mit P _{ges} im Ablauf > X mg / L: für X = 1,5 / 2 / 2,5, ^{b)}			P _{ges} Ablauffracht aus gewerbli- chen Textil und Geschirr- reinigern t / a		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)			(6)		
				x=1,5	x=2	x=2,5	x=1,5	x=2	x=2,5
GK1:	3 917	114 071	1.16 %	100 % ^{c)}	100 % ^{c)}	100 % ^{c)}	35-58	35-58	35-58
GK2:	2 383	563 031	5.73 %	65 %	50 %	38 %	112-186	86-143	65-109
GK3:	873	556 969	5.67 %	30 %	19 %	14 %	51-85	32-54	24-40
Gesamt							198-329	153-255	124-207

Quellen: a) Statistisches Bundesamt 2015; b) DWA 2014; c) ungünstigste Annahme (siehe Kapitel zuvor)

Wenn man in Tabelle 6-7 (zusätzlich zu der Variation den P_{ges}-Zulauffrachten von 3.000 - 5.000 t P_{ges}/a) den Schwellenwert für die Ermittlung der Anteile der Kläranlagen die über eine P-Fällung verfügen (Spalte (5) von Tabelle 6-7) um 0,5 mg/l variiert, ergeben sich bei einem Schwellenwert von 1,5 mg/l eine Fracht von 198 – 329 t P_{ges}/a und bei einem Schwellenwert von 2,5 eine Fracht von 124 – 207 t P_{ges}/a aus Kläranlagen der GK1 bis 3 die nicht über eine P-Fällung verfügen. Demnach ergibt unter Berücksichtigung der angegebenen Schwellenwerte eine emittierte P_{ges} Menge im Ablauf der Kläranlagen aus gewerblichen Textil und Geschirrrreinigern von etwa 124 bis 329 t / a.

Die Abschätzung der möglichen Phosphor Emissionen aus Phosphat durch gewerbliche Anwendung Textil und Geschirrrreinigern und Einleitung der Abwässer in Kläranlagen der GK1 bis 3 die nicht über eine P-Fällung verfügen ist insofern konservativ (eher zu hoch), da für die Berechnungen nicht berücksichtigt wurde, dass die gewerblichen Indirekteinleiter der gewerblichen Anwendung von Textil und Geschirrrreinigern möglicherweise über eine Abwasser-Vorbehandlung (mit Phosphorentfernung) vor der Einleitung in das Kanalnetz verfügen. Insofern können diese Emissionen in Gewässer auch geringer ausfallen.

6.5.5 Emissionen im Fall von Mischwasserentlastungen.

Für den Pfad der **Mischwasserentlastungen** kann man die Emission aus der gewerblichen Textil- und Geschirrrreinigung anhand folgender Überlegungen abschätzen:

- Etwa 55 % der Einwohner sind an die Mischwasserkanalisation angeschlossen, der Anteil war in den letzten 25 Jahren kontinuierlich rückläufig (Brombach 2016)
- Der Median der Entlastungsdauer wird mit 150 h/a angenommen, das sind ca. 1,7 % der Jahresstunden (Umwelt- und Fluid-Technik Dr. H. Brombach GmbH 2016).

Im Resultat könnten rechnerisch ca. 1 % (entsprechend ca. 40 Tonnen pro Jahr⁵³), der über gewerbliche und industrielle Wasch- und Reinigungsmittel eingebrachten P-Fracht aus Phosphaten ohne Reinigung in die Gewässer gelangen.

⁵³ Berechnung: $0,55 \cdot 0,017 \cdot 3000 \text{ t/a} = 28 \text{ t/a}$; $0,55 \cdot 0,017 \cdot 5000 \text{ t/a} = 46 \text{ t/a}$;
Aufgrund der eingeschränkten Genauigkeit wird im Folgenden von ca. 40 t/a ausgegangen.

Die Abschätzung ist insofern konservativ (eher zu hoch), da während der Entlastungsdauer ein erheblicher Anteil der Schmutzwasserfracht noch weiterhin zur Kläranlage gelangt und dort gereinigt wird.

Die Abschätzung ist weiterhin konservativ (eher zu hoch), da für die Berechnungen nicht berücksichtigt wurde, dass die gewerblichen Indirekteinleiter der gewerblichen Anwendung von Textil- und Geschirrrreinigern möglicherweise über eine Abwasser-Vorbehandlung (mit Phosphorentfernung) vor der Einleitung in das Kanalnetz verfügen. Darüber hinaus kann davon ausgegangen werden, dass nur die wenigsten Betriebe im 7 Tage / 24 Stunden Betrieb arbeiten, insofern ist die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens der Emissionen und der Niederschlagsereignisse mit Mischwasserentlastungen reduziert. Daher ist davon auszugehen, dass Einleitungen in Gewässer aus Mischwasserentlastungen eher geringer als 40 t/a ausfallen.

6.5.6 Vergleich mit anderen Einträgen in Gewässern

In Tabelle 6-8 sind die Phosphoreinträge aus Punktquellen und diffusen Quellen in die Oberflächengewässer in Deutschland in 1000 t / a dargestellt. Insgesamt ist für die Periode 2012 - 2014 ein Eintrag 22 640 t / a P_{Ges} zu verzeichnen. In den Jahren 1983-1987 waren noch Gesamteinträge in der Größenordnung von 81.500 t / a berichtet, die bis zur Periode 2003 - 2005 auf 23.400 t / a zurückgefahren werden konnten. Zwischen der Periode 2003- 2005 und 2006 - 2011 gab es zwar eine Reihe von methodischen Änderungen in den Details der Erhebungen und Berechnungen. Die Aussage bezüglich der Größenordnung der bereits erreichten Reduzierung bleibt jedoch erhalten.

Aus der Tabelle 6-8 ist weiterhin zu ersehen, dass die Punktquellen (hierunter werden definierte Einleiter wie öffentlichen Kläranlagen und gewerbliche oder industrielle Direkteinleiter verstanden) nach wie vor die größte Einzelgruppe darstellen. Von den für 2012-2014 genannten Einträgen aus Punktquellen stammen ca. 7.200 aus kommunalen Kläranlagen (Statistisches Bundesamt 2015), die verbleibenden Menge könnte demnach von gewerblichen oder industriellen Direkteinleitern zugeordnet werden.

Die oben berechneten P-Einträge aus Phosphaten aus Mischwasserentlastungen (ca. 40 t P_{ges} /a) und Emissionen aus Kläranlagen der GK1 bis 3 die nicht über eine P-Elimination verfügen (ca. 124 – 329 t P_{ges} /a) entsprechen für die zuletzt ausgewiesene Periode (2013 - 2014) insgesamt ca. 0,7 % bis 1,6 % der gesamten P_{ges} Einträge in Oberflächengewässer von 22.640 t / a P_{ges} bzw. 2,2 bis 4,9 % der Einträge aus Punktquellen von 7.600 t / a P_{ges} entsprechend Tabelle 6-8. Wie in Kapitel 6.3 dargestellt, vernachlässigen die Berechnungen einige schwierig quantifizierbare Aspekte, die zu einer Minderung der berechneten Emissionen führen würden.

In Kapitel 6.5.1 wurde dargelegt, dass der IHO die Einsatzmengen an Phosphonaten mit ca. 756 t / a P_{ges} abschätzt, die Ergebnisse der eigenen Berechnungen zeigen eine Spanne von 120 - 1.332 t / a. Unter der Annahme, dass etwa 50 % dieser Phosphonate in der Kläranlage durch Adsorption zurückgehalten würden⁵⁴, ergibt sich ein Anteil aus Phosphonaten am Gesamteintrag zwischen 0,3 % bis 3 % der gesamten P_{ges} Einträge in die Oberflächengewässer bzw. 0,8 % bis 9,3 % der Einträge aus den Punktquellen.

⁵⁴ In Happel (2018) werden für die Phosphonate DTPM, HEDP und PBTC Rückhalteraten für das gelöste, nicht aktive P zwischen Zulauf und Nachklärung der Kläranlagen zwischen ca. 65% und ca. 85%

Tabelle 6-8: Phosphoreinträge aus Punktquellen und diffusen Quellen in die Oberflächengewässer in Deutschland; Gesamtposphoreinträge in 1.000 t / a

	1983-1987	1988-1992	1993-1997	1998-2002	2003-2005	2006-2011*	2012-2014*
atmosphärische Deposition	0,33	0,33	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Erosion	5,10	4,80	5,40	5,63	5,10	4,80	3,60
Grundwasser	5,60	4,70	5,10	5,80	4,60	5,70	4,70
Oberflächenabfluss	0,87	1,20	2,10	2,70	2,00	2,30	1,40
Drainagen	1,10	1,00	0,97	1,10	0,88	1,00	0,90
urbane Gebiete	8,30	5,70	3,60	3,10	2,40	3,40	4,20
Punktquellen	60,20	37,70	14,80	9,60	8,20	7,60	7,60
Gesamt	81,50	55,43	32,22	28,17	23,42	25,04	22,64

Quelle: UBA 2016; *zum Teil neue Datengrundlagen und verändertes methodisches Vorgehen, daher nur bedingt mit Vorjahreszeitraum vergleichbar

7 Zusammenfassung der Ergebnisse

7.1 Anwendungsmengen phosphorhaltiger Wasch- und Reinigungsmittel

In Kapitel 6.5.1 sind auf der Grundlage der durch den IHO zur Verfügung gestellten Einsatzmengen von Phosphaten, Phosphonaten und Phosphorsäure die Gesamtposphormengen dargestellt, welche über gewerbliche und industrielle Wasch- und Reinigungsmittel emittiert werden. In Summe sind dies rund 4.800 t pro Jahr, wobei fast 3.500 t allein auf die Phosphate entfallen. Die übrigen ca. 1.300 t verteilen sich auf Phosphonate (750 t) und Phosphorsäure (550 t), wobei sich die Angabe zur Phosphorsäure vor allem auf industrielle Reiniger bezieht.

Berechnungen anhand der Maschinenparks, der Testreiniger (nur für Geschirrspülung) sowie der Verkaufsmengen ergeben eine Spanne von 0 bis 35.499 t Phosphat sowie von 318 bis 3.524 t Phosphonat (siehe Kapitel 3.6 und 4.6). Dies entspricht einer Anwendungsmenge von 0 bis 11.582 t P aus Phosphat sowie 120 bis 1.332 t aus Phosphonat. Insgesamt also maximal 12.914 t P.

Dem steht die in Kapitel 6.2 ermittelte Zulaufkraft aus nichthäuslichem Abwasser von 8.844 t / a P_{ges} gegenüber. Diese bestehen nicht nur aus Einleitungen durch gewerbliche Textil- und Geschirrrreinigung, sondern auch aus der Lebensmittelverarbeitung inklusive Getränkeabfüllbetriebe bis hin zu Kleinbetrieben wie z. B. Metzgereien, die zwar über Fettabscheider, aber nicht über einen Rückhalt für Phosphate verfügen. Der o.g. berechnete Maximalwert von 12.914 t P ist also insofern nicht plausibel, sondern es muss von deutlich niedrigeren Einträgen ausgegangen werden.

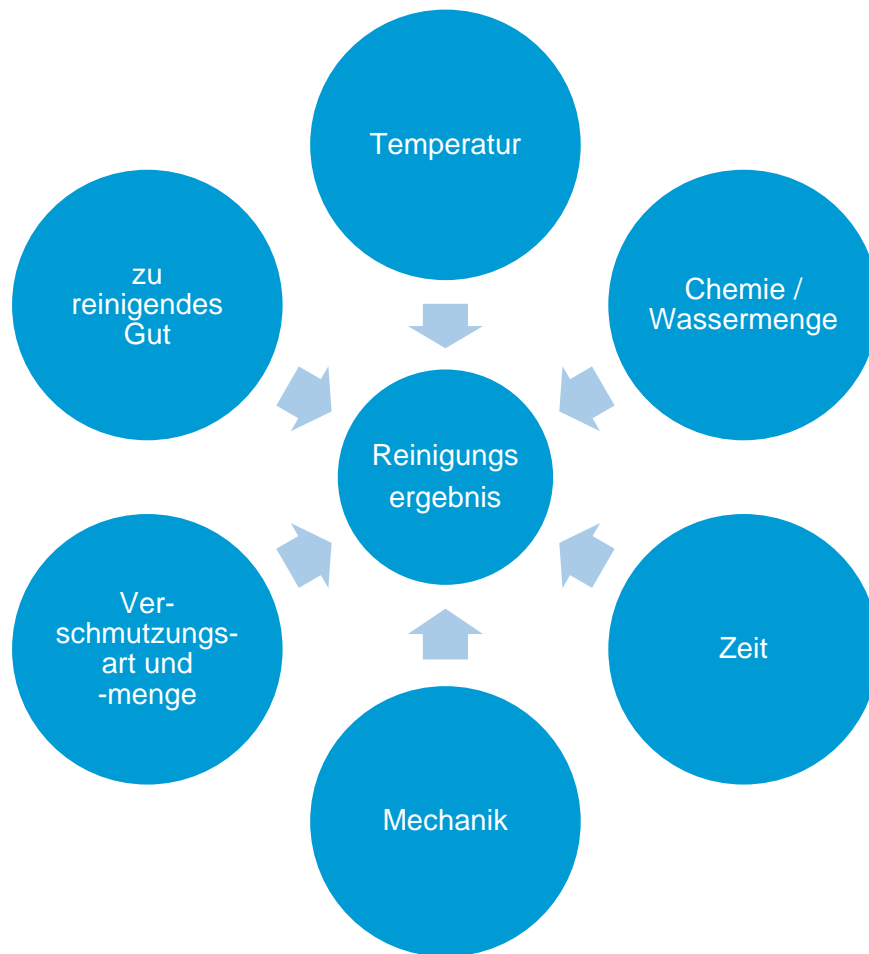
Vor dem Hintergrund dieses Gesamtbildes wurde für die Berechnungen der Emissionen in die Gewässer eine Spannbreite von 3.000 bis 5.000 t P aus Phosphaten (und Phosphorsäure), die aus Reinigern für die gewerbliche Textil- und Geschirrrreinigung sowie aus industriellen Reinigern herrühren, angenommen.

Für die Emissionsberechnungen durch Phosphonate wurde eine Spanne von 120 bis 1.332 t Phosphonate zugrunde gelegt.

7.2 Einflussfaktoren auf die Anwendung von Reinigungsmitteln und mögliche Anwendungsfälle für phosphorfreie Waschmittel und Reiniger

Wie die Recherchen ergeben haben handelt es sich bei der Anwendung von gewerblichen Textil- und Geschirrrreinigern um komplexe und integrierte Prozesse, die von vielen Faktoren abhängig sind, wie in Abbildung 7-1 dargestellt.

Abbildung 7-1: Einflussfaktoren auf das Reinigungsergebnis



Quelle: Sinnerscher Kreis, ergänzt

Einen Stand der Technik der sich ausschließlich auf die Anwendung von P-freien Reinigern bezieht gibt es in der Folge der komplexen Zusammenhänge nicht. Eine Reihe von Einflussfaktoren haben gegenläufige ökonomische und ökologische Effekte wie in Tabelle 7-1, Tabelle 7-2 und Tabelle 7-3 dargestellt. Dort sind die Faktoren, Eigenschaften und Effekte von phosphorhaltigen Wasch- und Reinigungsmitteln in verschiedenen Anwendungsfällen entsprechend den Literaturangaben, den Interviews und den vor-Ort-Terminen aufgeführt.

Tabelle 7-1: Anwendungsfälle für P-Verbindungen bei der gewerblichen Geschirrrreinigung

Einflussfaktoren / Anforderungen	Anwendungsfälle und Eigenschaften der Phosphate	Anwendungsfälle und Eigenschaften der Phosphonate
Temperatur	Phosphat erhöht das Schmutztragevermögen und senkt somit die notwendige Höchsttemperatur. Große Teile des aktuellen Maschinenparks sind auf Wasser- und Energieeinsparung konzipiert und müssten bei Verzicht auf Phosphat dementsprechend nachgerüstet / ausgetauscht werden.	
Wassermenge	Phosphat erhöht das Schmutztragevermögen und senkt somit den Bedarf an Wasser. Große Teile des aktuellen Maschinenparks sind auf Wasser- und Energieeinsparung konzipiert und müssten bei Verzicht auf Phosphat dementsprechend nachgerüstet / ausgetauscht werden.	
Zeit	Die Reinigungsdauer hängt über den Sinnerschen Kreis mit Temperatur, Reinigungsmechanik und Chemie zusammen, kurze Reinigungsdauern bedeuten eine Erhöhung der Temperatur oder eine Verstärkung der Chemie. Eine solche Verstärkung wird in der Praxis durch den Einsatz von Phosphaten erreicht.	
Verschmutzungsart	Hartnäckige Verschmutzungen (z. B. fettige oder proteinhaltige Verschmutzungen) kombiniert mit kurzen Reinigungsdauern, niedrigen Temperaturen und wenig Wasser können nur mit starken Reinigungsmitteln entfernt werden	
Geschirrgüte		Geschirr mit poröser Oberfläche (z. B. Porzellan minderwertiger Qualität) kann nur über Bleichmittel gereinigt werden, die stabilisiert werden müssen
Schmutzlast	Hohe Schmutzlasten können nur über Phosphat dispergiert werden, alternativ müssen Temperatur und Wassermenge erhöht werden	
Hygienisierung/Bleichwirkung	Nur Phosphat kann Aktivchlorverbindungen stabilisieren und diese sind notwendig in sensiblen Anwendungen (z. B. Krankenhausgeschirr)	Desinfektions- und Bleichmittel müssen stabilisiert werden, sonst entfalten sie nicht ihre gewünschte Wirkung

Einflussfaktoren / Anforderungen	Anwendungsfälle und Eigenschaften der Phosphate	Anwendungsfälle und Eigenschaften der Phosphonate
Eingetragene Metallionen (z. B. Rost)		Eingetragene Metallionen, wie Eisen oder Mangan, katalysieren den Zerfall von Desinfektions- und Bleichmitteln und müssen mit Phosphonaten komplexiert werden
Eingetragene Calciumionen (z. B. aus Milchprodukten)	Calcium und Magnesium müssen stabilisiert werden, dies ist mit Phosphat am effizientesten erreichbar	
Einsatzmenge Reinigungsmittel	Phosphat erhöht das Schmutztragevermögen und senkt somit den Bedarf an Reinigungsmittel	

Quelle: Zusammenfassung der Ergebnisse aus Interviews

Tabelle 7-2: Anwendungsfälle für P-Verbindungen bei der gewerblichen Textilreinigung

Einflussfaktoren/Anforderungen	Anwendungsfälle und Eigenschaften der Phosphate	Anwendungsfälle und Eigenschaften der Phosphonate
Temperatur		Über die Temperatur kann hygienisiert werden, jedoch zerstört dies Textilien und kostet entsprechend Energie
Verschmutzung	Bei speziellen Verschmutzungen (v.a. partikuläre Verschmutzungen wie Straßenstaub, Farbpigmenten, Metallabrieb oder Lippenstift) werden phosphathaltige Waschmittel eingesetzt.	
Restfeuchte/ Eingetragene Wasserhärte	Calcium und Magnesium müssen stabilisiert werden. Hierfür wird soweit erforderlich Phosphat eingesetzt.	
Hygienisierung/ Bleichwirkung		Desinfektions- und Bleichmittel müssen stabilisiert werden, sonst entfalten sie nicht ihre gewünschte Wirkung
Eingetragene Metallionen (z. B. Rost)		Eingetragene Metallionen, wie Eisen oder Mangan, katalysieren den Zerfall von Desinfektions- und Bleichmitteln und müssen mit Phosphonaten komplexiert werden, ansonsten sind Zerstörungen des Textils zu befürchten

Einflussfaktoren/Anforderungen	Anwendungsfälle und Eigenschaften der Phosphate	Anwendungsfälle und Eigenschaften der Phosphonate
Einsatzmenge Waschmittel	Durch den Wechsel der Branche auf phosphatfreie Basiswaschmittel musste die eingesetzte Waschmittelmenge erhöht werden	Einsatzmenge Waschmittel

Quelle: Zusammenfassung der Ergebnisse aus Interviews

Tabelle 7-3: Anwendungsfälle für P-Verbindungen bei Industriereinigern

Einflussfaktoren/Anforderungen	Anwendungsfälle und Eigenschaften der Phosphate
Korrosionsschutz	Oberflächenschutz wird durch Phosphat gewährleistet, Ersatzstoffe wie organische / mineralische Säuren greifen Oberflächen an
Verschmutzung	Proteinreiche Verschmutzungen (z. B. in Schlachtereien) werden durch den Einsatz von Phosphorsäure effizient entfernt.
Schmutzlast	Hohe Schmutzlasten in geschlossenen Anwendungen (CIP-Reinigung) werden in der Regel über Phosphat dispergiert.
Einsatzmenge Waschmittel	Durch den Wechsel der Branche auf phosphatfreie Basiswaschmittel musste die eingesetzte Waschmittelmenge erhöht werden

Quelle: Zusammenfassung der Ergebnisse aus Interviews

Die Phosphate könnte man laut den Erkenntnissen aus der Literaturrecherche und den Interviews in den Kapiteln 3, 4 und 5 durch Ersatzstoffe (beispielsweise MGDA) substituieren, was aber die in den Kapiteln 3, 4 und 5 dargestellten Probleme und Notwendigkeiten zur Folge hätte, da die Substitute u. a. nicht die gleiche Wirksamkeit wie Phosphate aufweisen.

Entsprechend den Aussagen in den Interviews muss eine Formulierung für Geschirreiniger mit Phosphaten mindestens 5 % Natriumtripolyphosphat (entspricht 1,3 % P) bzw. bei Phosphonaten mindestens 2 % Phosphonatverbindungen enthalten (entspricht 0,2 % P), um eine technisch relevante Wirkung zu erzielen. Für den Bereich der Textilreinigung liegen diese Grenzwerte bei 2 % Natriumtripolyphosphat (entspricht 0,5 % P) bzw. 2 % Phosphonatverbindungen (entspricht 0,2 % P). Diese Grenzwerte stammen aus der Praxis, hierzu einschlägige allgemein anerkannten Regeln der Technik oder Publikationen zum Stand der Technik sind den Autoren und den interviewten Praxisakteuren nicht bekannt.

Im Bereich der Geschirrrreinigung wäre ein Mehreinsatz von Wasser, Energie und Reinigungsmittel notwendig, da Phosphate das Schmutztragevermögen der Flotte deutlich erhöhen und die Ersatzprodukte keine so hohe Schmutzkonzentration in der Flotte ermöglichen. Große Teile des aktuellen Maschinenparks sind zur Wasser- und Energieeinsparung konzipiert und müssten bei Verzicht auf Phosphat dementsprechend nachgerüstet / ausgetauscht werden. Für die Waschmittel ist die Substitution größtenteils bereits erfolgt, dennoch ist es in Einzelfällen (besonders hartnäckige Verschmutzungen) notwendig Phosphate einzusetzen, um das gewünschte Reinigungsergebnis zu erhalten.

Im Bereich der industriellen Reinigung ist es neben der Wasserenthärtung vor allem die korrosionshemmende Wirkung, welche den Einsatz von Phosphaten in Form von Phosphorsäure bedingt. Die Reinigung kann auch mit alternativen mineralischen Säuren oder Carbonsäuren realisiert werden, allerdings führt dies bei manchen Alternativen zur Korrosion von Oberflächen. Phosphonate sind in diesem Fall wichtig, da auch sie korrosionsinhibierend wirken.

Phosphonate finden sich in gewerblichen Wasch- und Reinigungsmitteln, aber auch in industriellen Reinigern. Die wichtigste Aufgabe der Phosphonate ist die Stabilisierung von Bleich- und Desinfektionsmitteln durch die Komplexierung von Metallen, welche die Zersetzung dieser Mittel katalytisch beschleunigen, beispielsweise Eisen oder Mangan. Zusätzlich wirken sie korrosionshemmend. Eine Substitution der Phosphonate ist aus verschiedenen Gründen schwierig. Es leidet beispielsweise die Reinigungsleistung, da Bleich- und Desinfektionsmittel durch alternative Stabilisatoren wie z. B. EDTA nicht ganz so gut stabilisiert werden und somit nicht die volle Leistung entfalten können. Dies führt im Falle von Desinfektionswaschmitteln dazu, dass eine Desinfektion nicht mehr mit den aktuellen Waschparametern realisiert werden kann und somit andere Verfahren entwickelt werden müssen. Eine thermische Desinfektion ist zwar möglich, allerdings würde hierdurch ein Großteil der heute eingesetzten Wäsche zerstört werden, da diese nicht für hohe Temperaturen ausgelegt ist. Zusätzlich zu dieser Schwächung der Desinfektionswirkung werden einige der Phosphonatalternativen von den Bleich- und Desinfektionsmitteln angegriffen, was dazu führt, dass sowohl diese als auch die Stabilisatoren überdosiert werden müssen. Zudem müssen die Alternativen meist überstöchiometrisch eingesetzt werden, weil sie nur ein Ion binden können. Im Fall von EDTA kommt noch hinzu, dass dieses in hohen Anteilen Kläranlagen passiert und so in die natürlichen Gewässer gelangt.

7.2.1 P-freie Anwendungen in der gewerblichen Geschirrrreinigung

Aus den Interviews mit den Akteuren ergibt sich:

Ein vollständiger Verzicht auf P-haltige Reiniger ist derzeit realisiert bei der Reinigung von leicht verschmutzten Gläsern (ohne Proteine) und dem Einsatz von vollentsalztem Wasser.

Unter Einsatz der 5-fachen Wasser⁵⁵-, Energie- und Reinigermenge und ca. doppelter Kontaktzeit wäre die Reinigung von Geschirr unter Verzicht auf P-Verbindungen in alten 3 bis 4 Tank Maschinen möglich. Dabei ist allerdings eine Entfernung von hartnäckigen Verschmutzungen wie Kaffee- oder Tee-rändern nicht immer vollständig möglich. Ein solcher Betrieb ist derzeit aber, verglichen mit den Alternativen, nicht wirtschaftlich und kommt daher in der gewerblichen Praxis nicht zur Anwendung.

Nach derzeitigem Stand der Technik verbrauchen gewerbliche Spülmaschinen nur noch $\frac{1}{4}$ der Wassermenge in der Frischwasserklarspülung und das Regenerationswasser der Waschtanks beträgt nur noch $\frac{1}{10}$ der Mengen von 1980. Bei gleicher Spülleistung muss die Reinigerlösung daher mehr Schmutz tragen und dispergieren.

Ohne Phosphonat in den Reinigungsmitteln können diese Schmutze und auch Härtebildner aus dem Wasser und den Schmutzen (Calcium/Magnesium) nicht in Schwebe gehalten werden. Es kommt zu einer Verschmutzung und Verstopfung der Waschsyste-me und dann auch zu Ablagerungen auf dem Spülgut. Phosphathaltige Reiniger sind dagegen in einigen aktuellen Anlagenkonfigurationen verzicht-bar.

7.2.2 P-freie Anwendungen in der gewerblichen Textilreinigung

Aus den Interviews mit den Akteuren ergibt sich:

Nach derzeitigem Stand der Technik kann bei leicht verschmutzter Wäsche ohne Blut- und Lebensmittelreste derzeit auf Phosphorverbindungen ganz verzichtet werden. Bettwäsche aus Hotels fallen nicht hierunter, da diese gebleicht werden und somit Phosphorverbindungen notwendig sind. Das gleiche gilt für Krankenhauswäsche die zudem noch hygienisiert werden muss (s.o.).

⁵⁵ vollentsalzt

Phosphate werden üblicherweise nicht in Basiswaschmitteln eingesetzt, sondern in zusätzlichen Waschhilfsmitteln wie Waschkraftverstärkern. Phosphonate sind als Stabilisator der Bleich- und Desinfektionsmittel in Waschmitteln nur schwer ersetzbar und würden eine Änderung der aktuellen Waschprozesse erfordern (mehr Wasser, mehr Temperatur, mehr Waschmittel).

7.3 Minderungen der Einträge in Gewässer

Da Phosphate in gelöster Form (PO_4^{3-}) in der Abwasserbehandlung bereits derzeit überwiegend durch Fällung in den Kläranlagen bis zu einer bestimmten Konzentration zurückgehalten werden, ergeben sich geringfügige Entlastungen der Oberflächengewässer durch einen theoretisch denkbaren reduzierten P_{ges} Eintrag aus Phosphaten in der Folge möglicher neuer Regulierungen für gewerbliche Reinigungsmittel. Wie in Kapitel 6.5 dargestellt, ergeben sich aus den (konservativen, also tendenziell zu hohen) Abschätzungen Einträge zwischen 167 und 369 t P_{ges} / a, entsprechend etwa 0,7 bis 1,6 % der gesamten P_{ges} Einträge in Oberflächengewässer.

Bei einer solchen Reduzierung ist nicht mit einer messbaren Änderung der Gewässerqualität oder einem messbaren Beitrag zu den Zielen der Wasserrahmenrichtlinie zu rechnen.

Der Beitrag zu den deutschen Reduktionszielen entsprechend dem (Baltic Sea Action Plan 2007), wonach im Einzugsgebiet der Ostsee eine Reduktion der P_{ges} Einträge um 240 t / a erfolgen soll, wäre nur gering. Wenn man annimmt, dass die Emissionsminderungen anteilig zu den 3,3 Millionen Einwohnern im Einzugsgebiet der Ostsee (BLANO 2014) erfolgen, dann ergibt sich ein theoretisch vermeidbarer P_{ges} Eintrag von 167 bis 369 t / a $\cdot 3,3/82,7 = 6,7$ bis 14,7 t P_{ges} pro Jahr, entsprechend 2,7 bis 6,1 % des Minderungszieles von 240 t P_{ges} pro Jahr.

Die mögliche Rückhaltleistung in den Kläranlagen für den aus gewerblichen Reinigungsmitteln stammenden P_{ges} Eintrag aus Phosphonaten ist erst kürzlich in einem Forschungsprojekt bearbeitet worden (siehe hierzu Kapitel 6.3). Nach derzeitigem Kenntnisstand kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein Teil dieser P_{ges} -Fracht nicht in den Kläranlagen zurückgehalten wird und somit in die Gewässer gelangt.

Unter der Annahme, dass etwa 50% dieser Phosphonate in der Kläranlage durch Adsorption zurückgehalten würden, dann entsprechen die eingetragenen P_{ges} -Einträge 0,3 % bis 3 % der gesamten P_{ges} Einträge in die Oberflächengewässer. Über die Wirkung der Phosphonate in den Gewässern bestehen derzeit noch Wissenslücken.

7.4 Ressourcenaspekte

Mit der Rückgewinnung von Phosphor aus dem Klärschlamm könnten unter Umständen bis zu 40 % der aufgebrauchten Düngemittelmenge von 110.000 bis 120.000 t P / a gedeckt werden (Pinnekamp 2013). Durch eine vollständige Reduzierung der Phosphate (und Phosphorsäure) in Reinigern für die gewerbliche Textil- und Geschirrrreinigung sowie der zusätzlich erfassten Mengen in industriellen Reinigern könnte der Verbrauch von 3.000 bis 5.000 t P / a zuzüglich bis zu 1300 t P in Phosphonaten vermieden werden. Dieser Einsparung an Phosphorressourcen steht ein derzeit nicht-quantifizierbarer Mehraufwand an Energie und Wasser, der aus der notwendigen Änderung der Wasch- und Reinigungsverfahren resultiert, gegenüber. Hinzu kommt ebenfalls ein Mehraufwand an Ressourcen zur Herstellung der Substitute.

8 Übersicht Akteure

Die Gerätehersteller für die gewerbliche Textil- und Geschirreinigung sind weniger sichtbar als der Haushaltsmarkt. Dies stellt Schwierigkeiten dar, wenn es darum geht, den Markt in Bezug auf Umsatz, Lager und Preise zu charakterisieren.

Die Akteurslisten sind in einer separaten Excel-Datei enthalten und sind unterteilt in:

- ▶ Rohstoffhersteller;
- ▶ Hersteller von gewerblichen Wasch- und Maschinengeschirrspülmitteln;
- ▶ Geräteproduzenten von gewerblichen Geschirrspülmaschinen;
- ▶ Geräteproduzenten von gewerblichen Waschmaschinen und
- ▶ Sonstige Akteure wie Verbände, Institute und ähnliche.

9 Quellenverzeichnis

- AbwV (2004): Abwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I S. 1108, 2625), die zuletzt durch Artikel 121 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S. 626) geändert worden ist.
- Arbeitskreis Gewerbliches Geschirrspülen AK GGS (2016a): Praxishandbuch Gewerbliches Geschirrspülen Kapitel 11 Hygiene; Version_01 / 04_16; http://www.akggs.de/images/Kapitel_Praxishandbuch/Kapitel_11_Hygiene_Publikationsversion_01-04_2016.pdf.
- Arbeitskreis Gewerbliches Geschirrspülen AK GGS (2016b): Praxishandbuch Gewerbliches Geschirrspülen Kapitel 12 Umwelt und
keit; [http://www.akggs.de/images/Kapitel_Praxishandbuch/Kapitel_12_Umwelt und Nachhaltigkeit Publikationsversion_01-04_2016.pdf](http://www.akggs.de/images/Kapitel_Praxishandbuch/Kapitel_12_Umwelt_und_Nachhaltigkeit_Publikationsversion_01-04_2016.pdf).
- Baltic Sea Action Plan 2007: HELCOM Baltic Sea Action Plan; HELCOM Ministerial Meeting, Krakow, Poland, 15 November 2007.
- Barjenbruch (2009): Barjenbruch, M.; Exner, E.: Leitfaden zur Verminderung des Phosphoreintrags aus Kläranlagen. Herausgeber Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (TMLNU). URL: <http://apps.thueringen.de/de/publikationen/pic/pubdownload1044.pdf>, zuletzt abgerufen am 15.09.2016.
- BIO by Deloitte (2014), Evaluation of the use of phosphates in Consumer Automatic Dishwasher Detergents (CADD), Report prepared for European Commission – DG Enterprise and Industry.
- BLANO 2014: von Weber, M.; Carstens M.; Bachor, A.; et.al.: Harmonisierte Hintergrund- und Orientierungswerte für Nährstoffe und Chlorophyll-a in den deutschen Küstengewässern der Ostsee sowie Zielfrachten und Zielkonzentrationen für die Einträge über die Gewässer Konzept zur Ableitung von Nährstoffreduktionszielen nach den Vorgaben der Wasser-rahmenrichtlinie, der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, der Helsinki-Konvention und des Göteborg-Protokolls; Herausgeber: Bund/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2014.
- Blepp et al. (2012): PROSA Kurzstudie Waschsalons Entwicklung der Vergabekriterien für ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen; Studie im Rahmen des Projekts „Top 100 – Umweltzeichen für klimarelevante te“; <https://www.oeko.de/oekodoc/1601/2012-456-de.pdf>.
- Böhler (2008): Böhler, M.; Siegrist, H.: Möglichkeiten zur Optimierung der chemischen Phosphorfällung an hessischen Kläranlagen. Gutachten der EAWAG im Auftrag der Europa Fachhochschule Fresenius und des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG). URL: http://flussgebiete.hessen.de/fileadmin/dokumente/2_umsetzung/hintergrundinformationen/m_glichkeiten_zur_optimierung_der_chemischen_phosphorf_ llung_an_hessischen_kl_ranlagen.pdf, zuletzt abgerufen am 30.08.2017.
- Brombach (2016): Brombach, H.; Dettmar, J.: Im Spiegel der Statistik: Abwasserkanalisation und Regenwasserbehandlung in Deutschland; in KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 3/2016.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR (2014): Phosphat Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover Juli 2014; http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohstoffsteckbrief_phosphat2014.pdf?__blob=publicationFile&v=2.
- Deutscher Bundestag (2017): 18. Wahlperiode; Drucksache 18/12495 vom 24.05.2017: Verordnung der Bundesregierung: Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung.
- DIN 10510 „Lebensmittelhygiene – Gewerbliches Geschirrspülen mit Mehrtank-Transportgeschirrspülmaschinen – Hygienische Anforderungen, Verfahrensprüfung“.
- DIN 10511 „Lebensmittelhygiene – Gewerbliches Gläserspülen mit Gläserspülmaschinen – Hygienische Anforderungen, Prüfung“.

- DIN 10512 „Lebensmittelhygiene – Gewerbliches Geschirrspülen mit Eintank-Geschirrspülmaschinen – Hygienische Anforderungen, Typprüfung“.
- DIN 10522 „Lebensmittelhygiene – Gewerbliches maschinelles Spülen von Mehrwegkästen und Mehrwegbehältnissen für unverpackte Lebensmittel – Hygieneanforderungen, Prüfung“.
- DIN SPEC 10534 „Lebensmittelhygiene - Gewerbliches maschinelles Spülen - Hygienische Anforderungen, Prüfung“.
- DWA (2010): Klärschlamm Entsorgungskonzepte, Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe AK-13.4: „Entsorgungskonzepte Klärschlamm“; in KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 3/2010.
- DWA (2011): DWA-Regelwerk: Arbeitsblatt DWA-A 202: Chemisch-physikalische Verfahren zur Elimination von Phosphor aus Abwasser; Herausgeber und Vertrieb: DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.; Mai 2011.
- DWA (2014): DWA-Arbeitsgruppe BIZ-1.1 „Kläranlagen-Nachbarschaften“: 26. Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen 2013; Phosphor im Visier, in Korrespondenz Abwasser Abfall, Heft 11/2014, Seite 982.
- EU COM 2012: Umweltkriterien für die Vergabe des EU-Umweltzeichens für Maschinengeschirrspülmittel für den industriellen und institutionellen Bereich, EU COM 2012/720/EU.
- Eastham, R.D. (1981): Interpretation klinisch-chemischer Laborresultate. 2nd edition. Verlag Karger, Basel – München, zitiert nach: Barjenbruch, M.; Exner E. (2009): Leitfaden zur Verminderung des Phosphoreintrages aus Kläranlagen, Hrsg.: Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt.
- Graulich et al. (2011): (Lot 24) Professional washing machines, dryers and dishwasher, Part: Washing Machines and Dryers; <http://www.eup-network.de/product-groups/preparatory-studies/completed/>.
- HERA (2004): Human & Environmental Risk Assessment on ingredients of European household cleaning products: Phosphonates; <http://www.heraproject.com/files/30-F-04-%20HERA%20Phosphonates%20Full%20web%20wd.pdf>.
- Happel, O. et. al (2018): Phosphonate in der aquatischen Umwelt, Vom Wasser (Wiley-VCH Verlag), 2018, 116 (2), 53-56, in Druck.
- IHO (2010): Industrieverband Hygiene und Oberflächenschutz IHO, Warum Phosphate unverzichtbar für gewerbliche maschinelle Geschirrspülmittel (MGSM) sind, veröffentlicht: 31. Mai 2010; <https://iho.de/themen/fachinformationen/160-warum-phosphate-unverzichtbar-fuer-gewerbliche-maschinelle-geschirrspuelmittel-mgsm-sind>.
- IHO (2016): IHO Jahresbericht 2015/2016; https://iho.de/images/downloads/jahresberichte/jahresbericht_2015-2016.pdf.
- IHO (2017): Koordinierte Antwort des IHO auf den Fragebogen vom 27.07.2017.
- JRC (2015a): JRC Technical Reports 2015 Revision of European Ecolabel Criteria for laundry detergents, dishwasher detergents, industrial and institutional automatic dishwasher detergents, industrial and institutional laundry detergents, hand dishwashing detergents and all-purpose cleaners and sanitary cleaners, January 2015; http://susproc.jrc.ec.europa.eu/detergents/docs/ELS-DP_2_15-01-2015.pdf.
- JRC (2015b): Revision of European Ecolabel Criteria for the six detergent product groups; Technical report and draft criteria proposal for the 2nd AHWG meeting (Draft); September 2015; http://susproc.jrc.ec.europa.eu/detergents/docs/ELS-DP_D2_0915.pdf.
- Pinnekamp (2013): Pinnekamp, J.; Montag, D.; Everding, W.: P-Rückgewinnung: Technisch möglich - wirtschaftlich sinnvoll?; BMU/UBA-Tagung, Bonn; 09. Oktober 2013.
- Rähse (2013): Design von pulverförmigen und granularen Waschmitteln. Chemie Ingenieur Technik 2013, 85, No. 6, 886–900.
- RKI (2013a): Vorwort zur Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren, Bundesgesundheitsbl. 2013 56:1702–1705; http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Desinfektionsmittel/Vorwort_Liste.pdf?__blob=publicationFile.

- RKI (2013b): Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren (16. Ausgabe), Bundesgesundheitsbl.
12/2013; http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Desinfektionsmittel/Desinfektionsmittellist/Desinfektionsmittelliste_node.html.
- RKI (2016): Nachtrag zur Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren (16. Ausgabe), Bundesgesundheitsbl.
2016; http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Desinfektionsmittel/Desinfektionsmittellist/Desinfektionsmittelliste_node.html.
- Rüdenauer et al. (2011): (Lot 24) Professional washing machines, dryers and dishwasher, Part:
ers; <http://www.eup-network.de/product-groups/preparatory-studies/completed/>.
- Statistisches Bundesamt (2015): Fachserie 19 Reihe 2.1.2: Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung: - Öffentliche Abwasserbehandlung und -entsorgung; Erschienen am 16.10.2015, korrigiert am 05.11.2015 (Tabellen 5.1, 5.2), Wiesbaden 2015.
- UBA (2012): UBA-Bericht: Untersuchung der Einsatzmengen von schwer abbaubaren organischen Inhaltsstoffen in Wasch- und Reinigungsmitteln im Vergleich zum Einsatz dieser Stoffe in anderen Branchen im Hinblick auf den Nutzen einer Substitution; http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3709_65_430_wasch on; http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3709_65_430_wasch_und_reinigungsmittel_bf.pdf.
- UBA (2016): Umweltbundesamt: Stickstoff- und Phosphoreinträge aus Punktquellen und diffusen Quellen in die Oberflächengewässer in Deutschland (Daten
det), <https://www.umweltbundesamt.de/daten/gewaesserbelastung/fliessgewaesser/eintraege-von-naehr-schadstoffen-in-die#textpart-1>, zuletzt aufgerufen: 4.9.2017.
- UBA (2017a): Phosphatfreie Textilwaschmittel. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/wasch-reinigungsmittel/umweltbewusst-waschen-reinigen/phosphatfreie-textilwaschmittel>, zuletzt abgerufen am 25.10.2017.
- UBA (2017b): UBA Themen» Chemikalien» Wasch- und Reinigungsmittel» Inhaltsstoffe;
URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/wasch-reinigungsmittel/inhaltsstoffe#textpart-4>, zuletzt abgerufen am 25.10.2017.
- Umwelt- und Fluid-Technik Dr. H. Brombach GmbH (2016): Produkte und Dienstleistungen: Überwachung der Einstau- und Entlastungsaktivität von Regenbecken.; SÜW 0441a; UFT 2016-05 G. Weiß.
- Van Hoof et al. (2016): Use of product and ingredient tools to assess the environmental profile of automatic dishwashing detergents. Journal of Cleaner Production, Volume 142, Part 4, 20 January 2017, Pages 3536–3543.
- Verband der Hersteller von Gewerblichen Geschirrspülmaschinen e.V. VGG (2004): Gewerbliches Geschirrspülen & Umwelt; Stand 21. April 2004; http://www.vgg-online.de/download/merkblaetter/Gewerbliches_Geschirrspuelen_und_Umwelt.pdf.

Focus on Surfactants:

- "Phosphate-free dishwashing detergent patented"*; Focus on Surfactants; May 2002, Volume 2002, Number 5, P. 5. [http://dx.doi.org/10.1016/S1351-4210\(02\)80158-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1351-4210(02)80158-5).
- "China to ban use of phosphate detergents"*; Focus on Surfactants; Volume 2003, Number 4, 2003, pp. 3-3(1) <http://www.ingentaconnect.com/content/el/13514210>.
- "Czech Republic stops using detergents containing phosphates"*; Focus on Surfactants; Volume 2006, Number 11, 2006, pp. 5-5(1) <http://www.ingentaconnect.com/content/el/13514210>.
- "Phosphates banned in French detergents from Jul 2007"*; Focus on Surfactants; 2007, vol. 2007, no. 6, pp. 3-4(2).
- "Is phasing out phosphates the answer for detergents sector?"*; Focus on Surfactants; Volume 2008, Number 8, 2008, pp. 4-4(1).
- "AkzoNobels Dissolvine GL for phosphate-free detergents"*; Focus on Surfactants; Volume 2009, Number 2, 2009, pp. 3-3(1).

"Consumers want green and clean detergent"; Focus on Surfactants; September 2009, Volume 2009, Issue 9, P.

4. [http://dx.doi.org/10.1016/S1351-4210\(09\)70284-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1351-4210(09)70284-7).

"Together we can meet today's sustainability needs and develop high performing automatic dishwashing detergents: new from Genencor!"; Focus on Surfactants; September 2011, Volume 2011, Issue 9, P. 4. [http://dx.doi.org/10.1016/S1351-4210\(11\)70263-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1351-4210(11)70263-3).

"Natural and phosphate-free solutions gaining ground"; Focus on Surfactants; December 2010, Volume 2010, Issue 12, P. 1–2.

"Natural and phosphate-free solutions gaining ground." [http://dx.doi.org/10.1016/S1351-4210\(10\)70347-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1351-4210(10)70347-4).

"Industrial phosphates, where now?"; Focus on Surfactants; 2011.

„Phosphate-free ADD has better spotting performance"; Focus on Surfactants; 2011, Volume 2011, Issue 1, January P. 5.

". [http://dx.doi.org/10.1016/S1351-4210\(11\)70021-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1351-4210(11)70021-X).

"European Parliament: cutting phosphates out of detergents"; Focus on Surfactants; Volume 2012, Number 3, 2012, pp. 4-4(1); <http://www.ingentaconnect.com/content/el/13514210>.

"P&G detergents to go phosphate-free"; Focus on Surfactants; Volume 2014, Number 7, 2014, pp. 6-6(1).

10 Anhang

10.1 Gewerbliche Geschirreinigung

Die folgenden Abschnitte enthalten eine technische Beschreibung der einzelnen Spülmaschinenkategorien im gewerblichen Bereich.

10.1.1 Geschirrspülmaschinen mit Frischwasser-Spülsystem

Das Frischwasser-Spülsystem führt nach jeder Spülphase einen Wasserwechsel durch. Abschließend erfolgt das gründliche Nachspülen mit einer an das Spülgut angepassten Temperatur.

Konkret können die folgenden Schritte im Geschirrspülmaschinenzyklus unterschieden werden:

- ▶ Vorspülgang: Spülen mit kaltem Wasser (optional);
- ▶ Hauptspülgang: Reinigen mit warmem Wasser von 40 bis 70 °C unter Zugabe von Reinigungsmittel;
- ▶ Klarspülgang: Spülen mit heißem Wasser und Klarspüler;
- ▶ Trockengang: Trocknung unter Verwendung von Frischluft bzw. der Restwärme aus dem Klarspülgang.

Im Allgemeinen arbeiten Spülmaschinen mit der mechanischen Kraft von Wasserstrahlen. Wasserstrahlen sprühen gegen jede Stelle auf der Oberfläche des Spülguts, entfernen die Essensreste vom Geschirr und spülen sie ab. Das Wasser wird zirkuliert und erneut auf das Geschirr gespritzt.

Geschirrspüler dieser Kategorie arbeiten mit einem Satz rotierender Sprüharme, die sowohl für das Hauptspülen als auch das Klarspülen (2) benutzt werden. Auf den Sprüharmen befinden sich seitwärts gerichtete Düsen. Auf diese Weise entsteht eine geneigte Ebene von Wasserstrahlen, mithilfe derer das Geschirr gereinigt wird und die Sprüharme durch den Rückschlag des ausspritzenden Wassers angetrieben werden können.

Das Wasser wird über den Frischwasserzulauf (4) eingesogen und mittels Heizschlangen in der Spülkammer erhitzt. Es wird dann durch eine Umwälzpumpe (5) in den Sprüharm gepumpt. Die abgetropfte Reinigungslösung wird gesammelt und grober Schmutz und größere Speisereste werden von einem Filter aufgefangen, um eine Beschädigung bzw. eine Verstopfung der engen Strahldüsen zu verhindern. Die gefilterte Waschlauge wird dann wieder in die Sprüharme (2) gepumpt. Nach dem Spülgang wird die Reinigungslösung durch eine Ablaufpumpe (3) abgelassen. Für den Klarspülgang wird frisches Wasser verwendet, das mithilfe von Heizspiralen erwärmt wird. Die Gewerbespülmaschinen mit Frischwasser-Systemen verfügen über, die standardmäßigen Anforderungen hinaus, einen sehr hohen Hygienestandard.

10.1.2 Geschirrspülmaschinen mit Tankbetrieb

Gewerbliche Geschirrspülmaschinen mit Tankbetrieb können in Programmautomaten mit einem Tank (Kategorien 2 bis 4, Tabelle 3-1) und Transportspülmaschinen (Kategorien 5 und 6, Tabelle 3-1) mit entweder einem oder mehreren Tanks unterteilt werden. Programmautomaten benötigen viel weniger Platz als die geräumigen Transportspülmaschinen. Letztere erlauben jedoch ein kontinuierliches Geschirrspülen von großen Mengen an Spülgut in kurzer Zeit.

Bei Untertischgeschirrspülmaschinen mit einem Tank wird meist nur ein Korb in die Spülmaschine eingelegt (Be- und Entladen von der Vorderseite), da der Tank Platz benötigt. Diese Geräte können für verschiedene Gegenstände (Geschirr, Gläser und Besteck) oder als Spezialversionen, d. h. nur für Geschirr, für Gläser oder für Besteck, konstruiert werden.

Im Geschirrspülablauf eines Eintank-Programmautomaten (Kategorien 2 bis 4) können die folgenden Schritte unterschieden werden:

- ▶ Hauptspülgang: Besprühen mit warmer Lauge (zwischen 55 °C und 65 °C);
- ▶ Klarspülgang: Spülen mit warmem Wasser und Klarspüler (in der Regel zwischen 80 und 85 °C; im Falle von speziellen Gläserspülmaschinen sind auch niedrigere Temperaturen zwischen 60 und 65 °C möglich);
- ▶ Trockengang: Trocknung durch Verwendung von Frischluft oder durch die Restwärme aus dem Klarspülgang; dieser Gang erfolgt oft außerhalb der Maschine.

Die Vorreinigung erfolgt in der Regel manuell, bevor das Spülgut in die Spülmaschine geräumt wird. Tankbetriebene Programmatomaten arbeiten mit der mechanischen Kraft von Wasserdüsen. Da dabei jedoch zwei getrennte Wasserkreisläufe verwendet werden, sind die Maschinen in der Regel mit zwei Sätzen⁵⁶ rotierender Sprüharme ausgerüstet, die jeweils oben und unten in der Wanne platziert sind.

Morgens vor Beginn müssen die Reinigungsmittelbehälter der tankbetriebenen Geschirrspülmaschinen zunächst mit Reinigungslösung befüllt und auf Betriebstemperatur (in der Regel zwischen 55 und 65 °C) erhitzt werden. Im weiteren Verlauf des Tages wird Energie für den Standby-Modus verbraucht, da die Temperatur im Tank von dem Tankheizsystem (Ready-to-use-Modus) auf einem definierten Temperaturniveau gehalten werden muss.

Im Verlauf des Geschirrspülvorgangs wird die gespeicherte Reinigungslösung kontinuierlich mithilfe der Umwälzpumpe in die Sprüharme zum Spülen gepumpt. Die abgetropfte Reinigungslösung wird gesammelt und grober Schmutz und größere Speisereste werden von einem Filter (in der Regel eine Reihe von verschiedenen Filtern) aufgefangen, um eine Beschädigung bzw. eine Verstopfung der engen Strahldüsen zu verhindern. Die gefilterte Waschlauge wird dann wieder zum Spülen in die Sprüharme gepumpt. Die Reinigungslösung wird zwischen zwei Programmzyklen nicht ausgewechselt, sondern nur teilweise durch warmes Frischwasser aus dem Klarspülgang (sogenannte Regeneration der Waschlauge) ersetzt.

Für den Spülgang wird warmes Frischwasser, das in einem separaten Boiler erhitzt wurde, durch einen anderen Sprüharmsatz auf das Geschirr gespritzt. Die überschüssige Reinigungslösung (durch zusätzliches Wasser aus dem Klarspülgang) wird durch das Überlaufrohr abgelassen. Einmal täglich bzw. nach jedem Arbeitsgang wird die Reinigungslösung im Spültank vollständig ausgewechselt.

Weitere tankbetriebene Programmatomaten sind Hauben-(Durchlauf)spülmaschinen (Kategorie 3, Tabelle 3-1) sowie Universalspülmaschinen (Kategorie 4, Tabelle 3-1)

Bei Haubenspülmaschinen werden die Körbe von einer Seite in die Spülmaschine eingesetzt und von der anderen Seite entnommen. Wie bei anderen Tankgeschirrspülmaschinen kann nur ein Korb auf einer Ebene gereinigt werden, da der Tank auch Platz benötigt. Es gibt jedoch Geräte, bei denen zwei Körbe nebeneinander in einem gemeinsamen Gehäuse integriert gleichzeitig gereinigt werden können. Solche Geräte sind wie ein Doppel- bzw. Zwillingengerät.

Haubenspülmaschinen sind ergonomisch einfacher zu bedienen als Untertisch-Spülmaschinen, da die gefüllten Körbe auf Arbeitshöhe bleiben und mühelos in den Geschirrspüler eingesetzt und aus der Spülmaschine entnommen werden können. Darüber hinaus ist bei Verwendung des Durchlaufmodells die Abgrenzung zwischen einem schmutzigen und einem sauberen Bereich möglich. Diese Maschinen sind in der Regel als "Generalisten" für verschiedene Gegenstände wie Geschirr, Gläser, Besteck, etc. konstruiert.

⁵⁶ Es gibt auch Tank-Geschirrspüler mit nur einem Satz Sprüharme und 2 Schläuchen für verschiedene Spülzyklen.

Der wesentliche Unterschied zu einer Eintank-Untertisch- und einer Durchlaufspülmaschine ist, dass Universalspülmaschine besonders für die Reinigung von anderen Gegenständen als Geschirr, Gläser und Besteck, also zum Beispiel Schwarzgeschirr wie Töpfe, Pfannen, Behältnisse, Bleche oder andere meist große Utensilien geeignet sind. Die Dimensionen sind oft größer als bei Untertisch- oder Hauben-(Durchlauf)spülmaschinen, da die zu reinigenden Einzelteile auch sperriger sind. Darüber hinaus ist die Reinigungsleistung in der Regel höher, z. B. aufgrund eines höheren Spüldrucks bzw. einer anderen, intensiveren mechanischen und chemischen Behandlung zur Lösung von Verkrustungen. Aufgrund ihres hohen Spüldrucks können die Maschinen nicht mit Glas oder normalem Geschirr beladen werden.

Es können zwei verschiedene Bauarten unterschieden werden:

- ▶ Frontladergeschirrspülmaschinen;
- ▶ Durchlaufgeschirrspülmaschinen.

Durchlaufgeschirrspülmaschinen werden in der Regel manuell beladen. Einige Hersteller bieten jedoch auch spezielle Rollbehältnisse an, die außerhalb der Maschine befüllt und dann in den Geschirrspüler geschoben werden können.

Eine spezielle Art von Universalspülmaschine ist die sogenannte Granulatspülmaschine. Mit diesen Spülmaschinen (Frontlader- und Durchlaufmaschine) wird die mechanische Reinigung durch das Scheuern des Spülguts (vor allem Schwarzgeschirrs) mit Kunststoffgranulaten unterschiedlicher Größe verstärkt. Ein Granulatsammler fängt das Kunststoffgranulat während des Granulatspülprogramms auf.

Das Granulat kann anschließend mit einer Galgenbrause im Waschbecken gereinigt werden. Der besondere Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass weniger Wasser und Energie zur Reinigung von Töpfen und anderem Schwarzgeschirr benötigt werden. Ein Vorspülen ist überflüssig. Das Granulat kann in der Maschine wiederverwendet werden. Nach ca. 2 500 Spülgängen ist es abgenutzt und muss ersetzt werden.

10.1.2.1 (Eintank- / Mehrtank-) Transportspülmaschine

Im Prinzip entspricht der Geschirrspülprozess eines Transport-Geschirrspülers (siehe Kategorie 5 und 6, Tabelle 3-1) dem eines tankbetriebenen Programmautomaten.

Folgenden Schritte der Geschirrrreinigung können unterschieden werden:

- ▶ Vorspülgang: Spülen mit kaltem Wasser;
- ▶ Hauptspülgang: Besprühen mit warmer Lauge (in der Regel zwischen 55 und 65 °C);
- ▶ Zwischenspülgang: Entfernung der Lauge mit warmem Wasser;
- ▶ Klarspülgang: Spülen mit warmem Wasser und Klarspüler (in der Regel zwischen 80 und 85 °C);
- ▶ Trockengang: Trocknung durch Verwendung von Frischluft oder durch die Restwärme aus dem Klarspülgang; dieser Gang kann außerhalb der Maschine ausgeführt werden.

Der wesentliche Unterschied zu Eintank-Programmautomaten besteht darin, dass bei Transport-Spülmaschinen die verschiedenen Stufen des Geschirrspülprozesses mehreren einzelnen Behandlungszonen zugeordnet sind, d. h. das Spülgut wird durch diese Zonen transportiert. Je nach Art des Geschirrs, Verschmutzungsgrad und verfügbarem Platz werden Bandtransportmaschinen mit einem Reinigertank oder mehreren Reinigungsmittelbehälter angeboten.

Wie bei Eintank-Programmautomaten müssen auch die Reinigungsmittelbehälter von Bandtransportspülmaschinen morgens/zu Beginn des Arbeitsgangs mit Reinigungslösung befüllt und auf Betriebstemperatur (ca. 40 °C für den Vorspülgang und zwischen 55 und 65 °C für den Hauptspülgang)

erhitzt werden. Im weiteren Verlauf des Tages wird Energie für den Standby-Betrieb verbraucht, da die Temperatur auf einem definierten Temperaturniveau gehalten werden muss (Ready-to-use-Modus).

Für das Vorspülen und den Reinigungsprozess wird Reinigungslösung in Behältern aufbewahrt, von wo aus sie mithilfe einer Umwälzpumpe kontinuierlich in die Sprüharmen gepumpt wird. Die abgetropfte Reinigungslösung wird gesammelt und grober Schmutz und größere Speisereste werden von Filtern aufgefangen, um eine Beschädigung bzw. eine Verstopfung der engen Strahldüsen zu verhindern. Die gefilterte Waschlauge wird dann wieder in die Sprüharme gepumpt. Die Reinigungslösung wird zwischen zwei Programmzyklen nicht ausgetauscht, sondern nur teilweise aufbereitet. Für den Spülgang wird warmes Frischwasser, das in einem separaten Boiler erhitzt wurde, durch einen anderen Sprüharmsatz auf das Geschirr gespritzt. Die überschüssige Reinigungslösung (durch zusätzliches Wasser aus dem Klarspülgang) wird durch ein Überlaufrohr in den ersten Reinigungsmittelbehälter abgelassen (Gegenstromprinzip: das frische Wasser wird zum Klarspülen verwendet und ersetzt das Wasser im letzten Waschtank. Das überschüssige Wasser aus diesem Tank fließt in den vorherigen Waschtank ab und so weiter). Am Ende des Geschirrspülers könnte auch eine Trockenzone eingerichtet sein, wo das Geschirr durch heiße Luft getrocknet wird. Einmal täglich bzw. nach jedem Arbeitsgang wird die Reinigungslösung im Reinigungsmittelbehälter vollständig ausgewechselt.

Im Gegensatz zum Programmaten rotieren die Sprüharme in Transportspülmaschinen nicht. In der Regel handelt es sich um feste Sprühhohre, die an der Unterseite und oberhalb des umlaufenden Transportbandes angeordnet sind. In einigen Maschinen sind die Sprüharme auch an den Seiten installiert, um eine gleichmäßige Benetzung zu erzielen.

Zwei verschiedene Fördersysteme sind erhältlich:

- ▶ Korbtransportspülmaschine: das Spülgut wird in Körbe einsortiert, die manuell in die Maschine eingesetzt und dann automatisch durch die Spülmaschine transportiert werden.
- ▶ Bandtransportspülmaschine: das Spülgut wird direkt auf ein Förderband einsortiert, das sich kontinuierlich durch die Spülmaschine bewegt.

Eintank-Bandtransportspülmaschinen (Kategorie 5) verwenden einen Waschtank für den Spülgang und Frischwasser für das Nachspülen. Die Vorreinigung wird normalerweise manuell vorgenommen (d. h. außerhalb der Spülmaschine). Spülmittel und Klarspüler werden automatisch aus einem Vorratsbehälter dosiert. Die Spülmaschinen eignen sich für verschiedene Arten von Spülgut: Geschirr, Gläser, Besteck, evtl. auch Schwarzeschirr (Töpfe und Pfannen) und diverse andere Utensilien.

Mehrtank-Transportspülmaschine (Kategorie 6) haben mindestens eine Vorspülzone mit einem Spültank, eine Hauptspülzone mit einem Spültank sowie eine Frischwasser-Nachspülzone. Diese Spülmaschinen eignen sich für unterschiedliches Spülgut: Geschirr, Gläser, Besteck, evtl. auch Schwarzeschirr (Töpfe und Pfannen) und weitere Utensilien.

Mehrtankspülmaschinen sind in der Regel eine Kombination aus verschiedenen Modulen für das Vorspülen und den Hauptspülgang. Je nach Größe dieser Module, welche stark variieren kann, unterscheidet sich die Spüleistung der Maschine (Teller/Stunde).

10.2 Gewerbliche Textilreinigung

Die folgenden Abschnitte enthalten eine technische Beschreibung der einzelnen Gerätekategorien der gewerblichen Textilreinigung. Siehe hierzu auch Tabelle 4-1.

10.2.1 Kategorie WM2, WM3 und WM4 – Gewerbliche Waschsleudermaschinen

Die Waschsleudermaschinen sind größer als halb-gewerbliche Waschmaschinen und für eine sehr lange Haltbarkeit konstruiert, um den hohen Belastungen infolge der Fliehkraft im Schleudergang standzuhalten. Gewerbliche Waschsleudermaschinen werden entweder von vorne oder von der Seite manuell beladen. Gewerbliche Geräte sind standardmäßig sowohl mit einem Warm- als auch einem Kaltwasser-Anschluss ausgestattet und teilweise bzw. vollständig programmierbar. Darüber hinaus bestehen verschiedene Heizmöglichkeiten: Elektroheizungen sind für Maschinen mit einer maximalen Ladekapazität von 62 kg geeignet.⁵⁷ Zusätzlich zur Elektroheizung und der direkten Dampfeinspeisung gibt es verschiedene Beheizungsalternativen wie Gas, Heißwasser, indirekte Beheizung mit Dampf oder eine Kombination aus direkter Dampfbeheizung und elektrischer Beheizung.

Weitere Grundelemente von Waschsleudermaschinen sind:

- ▶ Außengehäuse mit Tür, durch die die Maschine be- und entladen werden kann, und ein fest installierter Flüssigkeitstank
- ▶ Innentrommel: perforierte Zylinder, der auf einer horizontalen Achse innerhalb eines äußeren Gehäuses rotiert; Je nach Beladepazität kann die Innentrommel in einzelne Abschnitte unterteilt sein
- ▶ Drehrichtungsumkehrmechanismus, der es der Innentrommel erlaubt, zunächst mehrere Umdrehungen in eine Richtung und dann die gleiche Anzahl an Umdrehungen in die entgegengesetzte Richtung zu vollziehen, um zu vermeiden, dass das Ladegut verdreht und verknotet
- ▶ Elektroantrieb, Heizelemente oder Dampfheizschlangen, Einlass- und Auslassventile (Wasser, Dampf), elektronische Steuerung
- ▶ Ablaufventil, ein Elektromagnet öffnet das Ventil und die Waschflüssigkeit wird herausgespült. Der Ablaufschlauch sollte daher eine entsprechende Neigung aufweisen.

Die Geräte sind in der Regel mit einer elektronischen Steuerung ausgestattet, die dem Kunden ein breites Spektrum an Programmen bietet, darunter sowohl vordefinierte Standardprogramme als auch weitere, frei programmierbare Programme. Sehr häufig ist auch automatisches Wiegesystem integriert, da es in der Praxis nicht immer möglich ist die Maschinen voll zu beladen. Das Gewicht der Textilien definiert den richtigen Einsatz von Wasser und Waschmittel sowie deren Energieverbrauch.

Durch Anschluss der Waschsleudermaschinen an einen Multimedia-Arbeitsplatz (Personalcomputer (PC)), kann der Waschvorgang mithilfe der Kontrollsysteme überwacht und gesteuert werden. Wenn mehrere Waschsleudermaschinen verwendet werden, können diese über ein Netzwerk miteinander verbunden werden, wodurch der Bediener jede Maschine innerhalb des Systems von einem einzigen PC aus überwachen und ansteuern kann.

Kategorie WM4 beinhaltet auch Hochleistungs-Waschsleudermaschinen, die von geschultem Personal bedient werden müssen. Sie sind voll programmierbar und bieten für die meisten Anwendungen (Kundensegmente) eine Vielzahl von Zusatzausstattungsmöglichkeiten. Die Beladung von vorne bzw. der Seite erfolgt entweder manuell oder automatisiert. Da die Beladungskapazität bis zu 400 kg erreichen kann, können die Hochleistungssleudermaschinen optional mit einem Kipp-System für ein einfaches Be- und Entladen ausgestattet sein.

Darüber hinaus berechnet diese Art von Geräten automatisch die Menge an Wasser und Waschmittel, die nötig ist, um eine wirksame chemische Konzentration zu erreichen. Dabei kann sowohl Pulver als auch flüssiges Waschmittel verwendet werden.

⁵⁷ <http://www.gewerbegas-online.de/index.php?id=264#c687>

Je nach Waschgeschwindigkeit haben die verschiedenen Trommelbauarten Vor- und Nachteile. Bei höherer Waschgeschwindigkeit weisen die Pullman- und die Open Pocket-Teilung das beste Ergebnis hinsichtlich Reibung, Stauchen und Durchfluss auf. Bei einer niedrigeren Waschgeschwindigkeit liefert Pullman die besten Ergebnisse, gefolgt von der Y- und Open Pocket-Teilung⁵⁸.

10.2.2 Kategorie WM5: Gewerbliche Waschtrockner

Da Waschen und Trocknen in einem Gerät erfolgt, ist es nicht erforderlich, die Wäsche umzuladen⁵⁹. Folglich ist es auch möglich, beide Funktionen getrennt voneinander zu nutzen. Waschtrockner benötigen in der Regel weniger Platz (optimal für Wohnungen) als eine separate Waschmaschine und ein separater Wäschetrockner mit der entsprechenden Kapazität. Viele Waschtrockner sind ferner als tragbare Geräte konzipiert, so dass sie an einem Waschbecken anstatt an einer separaten Wasserleitung angeschlossen werden können. Da gewerbliche Waschtrockner so konzipiert sind, dass verschiedene Arten von Textilien wie Kleidungsstücke, Bettwäsche oder Handtücher behandelt werden können, haben diese Art von Geräte in der Regel Funktionen wie Temperaturregler und anpassbare Bedienelemente für das Waschen und Trocknen. Für den Waschvorgang benötigt der Waschtrockner Platz für einen Wassertank um die Trommel herum, der die Trommelkapazität im Vergleich zu einem konventionellen Trockner der gleichen Größe begrenzt.

10.2.3 Kategorie WM6: Gewerbliche Trennwandwaschmaschinen

Dort, wo die Anforderungen an die Hygiene besonders hoch sind, z. B. in Krankenhäusern, Pflegeheimen, Gefängnissen oder in der Pharma-, Medizin-, Mikroelektronik-, Kosmetik-, Lebensmittel- oder Atomindustrie, wird eine sogenannte „Hygiene-Trennwand-Waschmaschine“ verwendet. Synonyme sind „Hygiene- Waschschleudermaschinen in Trennwandausführung“, „medizinische Trennwand-Waschtrockner“ oder „Durchlademaschinen“. Um allerhöchste Hygienestandards zu gewährleisten, trennt eine spezielle „Trenn“-wand physikalisch die angeschmutzte Beladungsseite des Gerätes von der sauberen Entnahmeseite. Die Wäsche wird durch eine Türöffnung auf einer Seite des Waschbereichs, und zwar der unreinen Seite, in die Trommel geladen. Nachdem die Wäsche gewaschen worden ist, wird die saubere Wäsche aus dem Waschschleudermaschinen in eine andere Kammer, die reine Seite des Waschbereichs, geladen. Durch Verwendung dieser dualen Türgestaltung (verunreinigte und reine Kammer) kann ein Kontakt zwischen infektiöser und gereinigter Wäsche vermieden werden.

Gewerbliche Trennwandwaschschleudermaschinen werden entweder manuell von oben bzw. der Seite be- und entladen oder automatisch von oben beladen und in einem Neigungswinkel entladen.

10.2.4 Kategorie WM7: Tunnelwaschmaschinen

Tunnelwaschmaschinen, auch Waschtunnel oder Tunnel-Taktwaschanlage oder Waschstraße genannt, werden für große Wäskemengen verwendet. Der Tunnel in der Maschine besteht aus mehreren Abschnitten, die jeweils eine eigene Funktion haben: Vorwäsche, Hauptwaschgang, Spülen, Nachbehandlung und Entnahme. Normalerweise werden diese Tunnelwaschmaschinen durch Dampf (Niederdruckdampf) erhitzt.

Die Wäsche wird durch die Abschnitte des Tunnels transportiert, wobei jeder Abschnitt des Tunnels die Wäsche in den nächsten Abschnitt weiterführt. Da das Wasser in die entgegengesetzte Richtung zur Wäsche hinfließt, wird die Wäsche gründlich eingeweicht und gewaschen.

Während am Ende eines Zyklus eine Wäschecharge im anschließenden mechanischen Entwässerungssystem (Presse oder Zentrifuge) ankommt, wird die erste Kammer geleert und kann wieder mit

⁵⁸ http://www.laundry-sustainability.eu/de/Microsoft_PowerPoint_-_Modul_2_-_2_Waschschleudermaschinen_191107.PDF

⁵⁹ Quelle: Electrolux Professional

Schmutzwäsche befüllt werden. Da Tunnelwaschanlagen nicht für das Be- und Entladen angehalten werden müssen, ermöglichen sie einen kontinuierlicheren Durchlauf an sauberer Wäsche.

In Tunnelwaschmaschinen können hauptsächlich zwei verschiedene Konstruktionsverfahren im Hinblick auf die Trommelbewegung unterschieden werden: schwenkende Waschbewegung mit Bodentransfer und rotierender Waschvorgang mit zentral angeordnetem Weitertransport. Die rotierende Trommelbewegung hat den Vorteil einer effektiveren und wäscheschonenderen Art der Mechanik sowie eine schnellere Absorption des Waschmittels und Aufnahmen der Chemie.

Mithilfe der schwenkenden Waschbewegung mit Bodentransfer wird die Wäsche durch Rührer bewegt. Durch die mechanische Einwirkung auf die Textiloberfläche erfolgt eine ständige Umwälzung und Reibung der Wäsche. Im Gegensatz dazu arbeitet die Drehbewegung der Trommel mit einer effektiven Durchflutungsmechanik.

Die Bedienung der Waschanlage wird durch eine programmierbare Steuerung erzielt und angebunden in die weiteren Abläufe im Gesamtprozess der Wäscherei (Trocknern etc.).

10.3 Fragebogen für Hersteller von gewerblichen und industriellen Wasch- und Reinigungsmitteln

Fragebogen für Hersteller von gewerblichen und industriellen Wasch- und Reinigungsmitteln

Bitte beantworten Sie soweit möglich alle Fragen dieses Fragebogens. Wenn eine Antwort auf bestimmte Fragen nicht möglich ist, bitte überspringen Sie diese und füllen Sie die übrigen aus.

Allgemeine Fragen zu Reinigungsmitteln

1. Stellen Sie Reinigungsmittel für die gewerbliche und/oder industrielle Anwendung her, die Phosphorverbindungen enthalten?
 - a. Bitte benennen Sie diese Produkte in der nachfolgenden Tabelle.
 - b. Bitte geben Sie die Gewichtsanteile und Art der Phosphorverbindungen (Phosphate / Phosphonate / Phosphorsäure / ...) in der Rezeptur an.
 - c. Bitte geben Sie Ihre Produktionsmengen dieser Produkte an, sowie die Absatzmengen im In- und Ausland an.

Produktname ⁶⁰	Art des Reinigungsmittels (z. B. Geschirreiniger)	Art der Phosphorverbindung	Gewichtsanteil der P-Verbindung	Produktionsmenge (in kg)
				Absatz In-/Ausland
			%	
			%	
			%	
			%	
			%	
			%	
			%	

2. Welche Gesamtmengen (in t) aufgeschlüsselt nach Phosphatverbindungen verarbeiteten Sie insgesamt im Jahr 2015?

Verbindung 1	Menge	Verbindung 2	Menge	Verbindung 3	Menge
--------------	-------	--------------	-------	--------------	-------

⁶⁰ Erweitern Sie bei Bedarf die Tabelle oder fügen Sie weitere Angaben in das Kommentarfeld am Ende des Fragebogens ein.

Fragen zu Wasch- und Reinigungsmitteln

3. Falls Sie Phosphat in gewerblichen Textil- und Geschirrspülmitteln einsetzen, aus welchen Gründen und für welche Anwendungsgebiete?

4. Falls Sie Phosphonate und andere Phosphorverbindungen in gewerblichen Textil- und Geschirrspülmitteln einsetzen, aus welchen Gründen und für welche Anwendungsgebiete?

5. Wenn Sie ähnliche Produkte mit und ohne Phosphat anbieten, welche Unterschiede (z. B. Einsatz bei hohen Wasserhärten o.ä.) bestehen in der Anwendung und der Leistung und welche Phosphatersatzstoffe werden dort eingesetzt?

6. Geben Sie Dosierungsempfehlungen für Ihre Produkte zur gewerblichen Textil- und Geschirreinigung (in g/L Spül- bzw. Waschflotte)?

			empfohlene	
<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>	Ja, für	

7. Ist die Dosierung abhängig von einer Vorenthärtung des Wassers?

☐ Nein ☐ Ja

8. Von welchem/n Rohstoffhersteller/n beziehen Sie die Phosphate bzw. andere Phosphorverbindungen?

Platz für weitere Kommentare oder Angaben, die nicht mehr in die Eingabefelder gepasst haben: