

Leistungsbeschreibung

ReFoPlan 2024

Datum: 10.06.2026
FKZ: 3724 64 703 0
AZ: 20 126/00059

Thema:

„Untersuchung der Wirkung adsorbierender schwer abbaubarer Bestandteile von Wasch- und Reinigungsmitteln (WRM) auf Sedimentorganismen - Polymere“

Inhalt

1. Hintergrund und Problemstellung.....	3
1.1 Polycarboxylate	3
1.2 Polyvinylalkohole.....	6
1.3 Polyquaternium-Verbindungen.....	8
2. Ziel und Gegenstand des Forschungsprojekts.....	9
3. Aufgabenstellung / Arbeitspakete.....	10
AP 1 - Recherchen zu PCAs/PCA-Alternativen, PVA und PQs mit anschließendem Ranking	11
AP 1.1 - Substanzspezifische Eigenschaften	12
a) <i>Physikalisch-chemische Eigenschaften:</i>	12
b) <i>ökotoxikologische Eigenschaften:</i>	12
c) <i>Sedimenttoxizität</i>	12
AP 1.2 - Umweltfunde	13
AP 1.3 - Verwendungsgebiete und Einsatzmengen	14
AP 1.4 - Auswertung der Recherchen, Ranking.....	14
AP 2 - Verteilung der Polymere im künstlichen Sediment-Wasser-System	15
AP 2.1 - Stabilität der Polymer-Lösungen.....	16
AP 2.2 - Beladungseffizienz und -stabilität der Sedimentpartikel mit Polymer	17
AP 2.3 - Analytverlust, Blind- und Nullwerte.....	18
AP 3 - Sediment-toxikologische Charakterisierung der Polymere	18
a) <i>Versuchsaufbau und Testdesign</i>	19
b) <i>Künstliches Sediment</i>	20
c) <i>Versuchswasser</i>	21
d) <i>Konzentrationsstufen der Prüfsubstanz</i>	21
e) <i>Generelle Parameter und Endpunkte</i>	22

AP 3.1 - Sediment-Wasser-Test mit <i>Lumbriculus variegatus</i> nach OECD TG 225	23
AP 3.2 - Sediment-Wasser-Test mit <i>Chironomus riparius</i> nach OECD TG 233	24
AP 4 - Chemische Analysen	25
AP 4.1 - Analysemethode/n.....	26
AP 4.2 - Monitoring der Wasserparameter	27
AP 4.3 - Analyse der Matrix-Proben	27
4. Projektbesprechungen und Veranstaltungen	29
4.1 Projektbesprechungen	29
4.2 Veranstaltungen	29
4.2.1 Externe Veranstaltungen	29
4.2.2 Internes Seminar und Fachgespräch	30
4.3 Bewirtungskosten.....	30
4.4 Reisekosten	30
5. Berichterstattung	30
5.1 Projektberichte.....	30
5.2 Abschlussbericht.....	31
5.3 Nutzungsrecht	32
5.4 Potentielle peer-reviewed Veröffentlichung.....	32
6. Projektorganisation und Kostendarstellung.....	33
6.1 Projektorganisation	33
6.2 Kostendarstellung.....	36
7. Eignungskriterien.....	37
8. Zuschlagskriterien.....	38
9. Literaturverzeichnis.....	39

1. Hintergrund und Problemstellung

Wasch- und Reinigungsmittel (WRM) werden nahezu täglich in privaten Haushalten, Gewerbe und Industrie eingesetzt. Im Berichtsjahr 2021 des IKW¹ kamen allein für den privaten Gebrauch ca. 1,44 Millionen Tonnen WRM (inklusive Wasser) in Deutschland zum Einsatz (IKW-Bericht, 2023). In vielen WRM sind Inhaltsstoffe enthalten, die in einem Test auf inhärente Bioabbaubarkeit (siehe beispielsweise OECD² TGs³ 302 A - C⁴) zu mehr als 20 % aber zu weniger als 70 % durch Mikroorganismen abgebaut werden. Diese im Englischen als „Poorly Biodegradable Organics“ (PBO⁵) bezeichneten Substanzen können die Umwelt belasten, wenn sie durch ihren bestimmungsgemäßen Gebrauch in das Abwasser und durch einen nicht ausreichenden Rückhalt in den Kläranlagen in die Umweltkompartimente Wasser, Boden oder Sediment gelangen. Abwassergängige WRM sind u. a. Waschmittel, Weichspüler, Spülmittel oder Haushaltsreiniger für harte Oberflächen (IKW, 2023), aber auch beispielsweise die zu den Rinse-off-Kosmetika⁶ gehörenden Shampoos oder Haarspülungen. Eine allgemeine gesetzliche Regelung auf europäischer Ebene im Rahmen der Detergenzienverordnung (Verordnung (EG) Nr. 648/2004) oder im deutschen Wasch- und Reinigungsmittelgesetz (WRMG⁷) zu den enthaltenen PBOs existiert jedoch bisher nicht.

1.1 Polycarboxylate

Zu den PBO gehören u. a. die Polycarboxylate, die als Salze der homo- bzw. co-polymeren Polycarbonsäuren (PCA⁸) der Acrylsäure (P-AA⁹) bzw. der Acrylsäure und der Maleinsäure (P-AA/MA¹⁰) strukturell die Carboxylgruppen -COO⁻ gemeinsam haben. Diese wasserlöslichen, linearen und langkettigen Polymere werden meist als Natriumsalze und in Verbindung mit Zeolith A¹¹ als Gerüststoffe, sogenannte Co-BUILDER, als phosphatfreies Enthärterssystem in

¹ Industrierverband Körperpflege und Waschmittel (IKW, www.ikw.org) „Nachhaltigkeit in der Wasch-, Pflege- und Reinigungsmittelbranche in Deutschland Ausgabe 2023“ (Bericht)

² OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development, <https://www.oecd.org/>

³ TG - Test Guideline (Prüfvorschrift)

⁴ Die OECD TGs 302 A - C beschreiben verschiedene Methoden, um die inhärente Biodegradation abzutesten (302A: [Modified SCAS Test](#); B: [Zahn-Wellens/ EVPA Test](#); C: [Modified MITI Test \(II\)](#))

⁵ „Als schwer abbaubare organische Stoffe oder Stoffgruppen (PBO) gelten gemäß den Kriterien zur Berichterstattung der Schlüsselindikatoren (Key Performance Indicators [KPI]) der Nachhaltigkeitsinitiative „Nachhaltiges Waschen und Reinigen“ der A.I.S.E. organische Stoffe, die weder leicht noch inhärent abbaubar sind und deren biologische Abbaubarkeit weniger als 70 Prozent in einem Testsystem (OECD-Testmethode 302 B bzw. 302 C) beträgt.“; aus IKW-Bericht, 2023, S. 20, welcher sich auf [2023-01-01CharterKPIExplanation.pdf](#) (aktualisierte Fassung der Charter, Abruf: August 2025) bezieht.

⁶ Rinse-off-Kosmetika sind gemäß Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 (Kosmetik-Verordnung) aus- bzw. abzuspülende kosmetische Mittel. Nach §2 (1) Satz 2 Anstrichnummer 1 Wasch- und Reinigungsmittelgesetz (WRMG⁷) gelten dabei diese tensidhaltigen und zur Reinigung bestimmten kosmetische Mittel auch als WRM.

⁷ WRMG - Wasch- und Reinigungsmittelgesetz vom 29. April 2007, [WRMG.pdf \(gesetze-im-internet.de\)](#)

⁸ PCA - polycarboxylic acid, für Englisch: Homopolymer der Polycarbonsäure

⁹ P-AA - homopolymer of acrylic acid, für Englisch: Homopolymer aus Acrylsäure, Polyacrylsäure

¹⁰ P-AA/MA - copolymer of acrylic/maleic acid, für Englisch: Co-Polymer aus Acryl- und Maleinsäure

¹¹ Zeolith A - Materialklasse von kristallinen Natriumaluminiumsilicaten mit einem Grundgerüst aus SiO₄-Tetraedern, wobei jedes zweite Silizium- durch ein Aluminium-Atom ausgetauscht ist. In den strukturell bedingten Hohlräumen können sich dem Natriumion größenähnliche Alkali- oder Erdalkali-Kationen einlagern (Wagner, 2017).

Waschmitteln, Geschirrspülmitteln für maschinelles Geschirrspülen (Groß, Bunke, Moch, & Leisewitz, 2012; Behler, 2005) und Reinigern (Groß, Bunke, Moch, & Leisewitz, 2012) eingesetzt, um die Fällung schwerlöslicher Erdalkalisalze zu verhindern (Wagner, 2017). Dadurch wird nicht nur ein sogenannter Kalk-Niederschlag auf den Heizstäben der Maschine vermieden, sondern auch auf der Wäsche selbst. Als solche Vergrauungsinhibitoren erhalten sie damit auch die Farbbrillanz der Wäsche (Wagner, 2017). Sie wirken zudem durch ihre komplexierenden Eigenschaften zum einen gegenüber der Erdalkali-Ionen, im Speziellen von Ca^{2+} - und Mg^{2+} -Ionen, als Wasserenthärter und zum anderen gegenüber der abgelösten Schmutzpartikel als Dispergiermittel (Groß, Bunke, Moch, & Leisewitz, 2012).

Auf europäischer Ebene wurde in 2007 der Anteil von PCA in Detergenzien mit 80.000 t angegeben, wobei 17,9 % auf P-AA (= 14.300 t) in v. a. Geschirrspülmitteln und 82,1 % auf P-AA/MA (= 65.700 t) in v. a. festen Waschmittelformulierungen wie Pulver und Tabletten entfielen (Groß, Bunke, Moch, & Leisewitz, 2012; HERA, 2009). Für den europäischen Markt werden für P-AA sogar Produktionsvolumen von 10^6 Tonnen pro Jahr angegeben (Mondellini, et al., 2022). Mit Einsatzmengen in privaten Haushalten von 9.646 t in Deutschland in 2021 stellen PCA die mengenmäßig häufigste Stoffgruppe der PBO in Wasch- und Reinigungsmittelprodukten dar (IKW-Bericht, 2023, S. 17). Zunehmend werden auch modifizierte PCA, wie beispielsweise Polymere auf Basis Acrylsäure/Maleinsäure in Kombination u. a. mit Olefinen oder Polyvinylpyrrolidon und Acryl-/Sulfonsäure Copolymere, eingesetzt. In 2007 wurde ihr Einsatz in Europa auf 4000 t geschätzt (Groß, Bunke, Moch, & Leisewitz, 2012). Weitere biologisch besser abbaubare PCA-Alternativen sind Polyasparaginsäuren, Copolymere aus Acrolein und Vinylacetat oder Produkte auf Basis von Polysacchariden (Wagner, 2017).

Nach Anwendung abwassergängiger Produkte belasten die enthaltenen Polycarboxylate mit nahezu 100 % ihrer Einsatzmenge das Rohabwasser. Als anionische Polyelektrolyte zeigen PCA eine grundsätzlich hohe Feststoffaffinität, die jedoch von der Wasserhärte, genauer dem Calciumgehalt, abhängt (Groß, Bunke, Moch, & Leisewitz, 2012). In den Kläranlagen und unter der Voraussetzung eines molaren Überschusses von Calcium, können > 90% der PCA durch eine Kombination von Fällung und Adsorption an den Klärschlamm aus dem Abwasser eliminiert werden. Untersuchungen zeigten, dass ein Rest von ca. 3 % PCA im Kläranlagenablauf gefunden wurde (HERA, 2009; ECETOC JACC No. 23, 1993). Die Eliminationsrate steigt zudem mit zunehmendem Molekulargewicht (ECETOC TR No. 133-3, 2021). Wegen des Einsatzes eines höheren Anteils von nieder molekularen Polymeren bei den P-AA in den Produkten werden als Mindestelimination jedoch nur 10 % (328 t) angenommen, während bei P-AA/MA von 90 % (13.410 t) Elimination ausgegangen wird (HERA, 2009; Groß, Bunke, Moch, & Leisewitz, 2012). Unter Vernachlässigung des sehr geringen Abbaus in den Kläranlagen gelangen damit 24 % (4.434 t) von der Gesamteinsatzmenge an PCA in Wasch- und Reinigungsmittel in den Kläranlagenablauf (Groß, Bunke, Moch, & Leisewitz, 2012, S. 76, korrigiert).

Durch ihre schwere biologische Abbaubarkeit und den ständigen Einstrom ist damit eine Belastung der Gewässer nicht auszuschließen. Auf Grund der Eigenschaften, Verwendungen und

Eliminationsraten der PCA wurden in den HERA¹²-Berichten PEC¹³-Werte für verschiedene Umweltkompartimente in der Europäischen Union abgeleitet. Wird der Bereich um Kläranlagen betrachtet, wurden für P-AA (Polymere von 1.000 - 15.000 Da) bzw. P-AA/MA (Polymere von 12.000 - 70.000 Da) folgende Werte vorhergesagt: PEC_{WWTP}¹⁴ von 0,65 mg/L bzw. 0,15 mg/L im Kläranlagenablauf, ein PEC_{local} von 0,11 mg/L bzw. 0,049 mg/L und ein PEC_{Sediment, local} von 11,6 mg/kg Nassgewicht bzw. 45,4 mg/kg Nassgewicht (HERA, 2014 a; HERA, 2014 b). Diesen Annahmen wurden bisher durch tatsächliche Messungen in den jeweiligen Kompartimenten in der Umwelt (Umweltfunde) kaum nachgegangen, auch weil bis 2008 keine spezifische chemische Analytik, außer der allgemeinen ¹⁴C-Bestimmung, zur Quantifizierung, von PCA in Oberflächenwasser, Böden und Sedimenten entwickelt worden war (UFZ Leipzig, 2008). Folglich waren keine sicheren Aussagen über die tatsächlichen PCA-Konzentrationen in diesen Kompartimenten möglich.

Die Erkenntnisse aus der 2008 durchgeführten Literaturstudie (UFZ Leipzig, 2008) zum Umweltverhalten der Polycarboxylate ergaben auch, dass die bislang wenigen aus den 80er und frühen 90er Jahre vorliegenden Daten hinsichtlich des Verhaltens und Verbleibs der PCA in der Umwelt sowie ihrer Ökotoxikologie unzureichend sind und eine abschließende Umweltrisikobewertung nicht zulassen. Auch in einer Studie von Mondellini, et al. aus 2022 wird bestätigt, dass die Informationen zu Vorkommen, Verbleib und Wirkung von wasserlöslichen Polymeren in der Umwelt eher spärlich zu finden sind. Die Forschenden fanden in ihren Experimenten mit *Daphnia magna* in Standardversuchen heraus, dass es zwar bis zu 50 mg P-AA/L keine akuten wohl aber chronische Effekte zu verzeichnen waren. Im 21-Tage-Test nach OECD TG 211¹⁵ wurden bei einer Konzentration ab 10 mg P-AA/L (= LOEC¹⁶) weniger Reproduktionszyklen dokumentiert als bei geringeren Konzentrationen.

Aus den bis 2021 ausgewerteten ökotoxikologischen Daten wurde in einem Technical Report der ECETOC¹⁷ (ECETOC TR No. 133-3, 2021) dennoch geschlussfolgert, dass von P-AA und P-AA/MA keine nennenswerten Gefahren für die Umwelt ausgehen, zudem kein Zusammenhang zwischen den Molekulargewichten von P-AA oder P-AA/MA und dem jeweiligen Ökotoxizitätspotenzial erkennbar war. Jedoch ist anzumerken, dass die Wasserlöslichkeit und damit das Präzipitations- und Adsorptionsverhalten auch von der Wasserhärte und der Gegenwart von zweiwertigen Kationen, v. a. von Ca²⁺ und Mg²⁺, abhängig ist, was mitunter die große Variabilität der (chronischen) Toxizitätskennzahlen bedingt (siehe ECETOC TR No. 133-3, 2021).

¹² HERA - Human & Environmental Risk Assessment on ingredients of European household cleaning products, Secretariat, Brussels, Belgium

¹³ PEC - predicted environmental concentration, für Englisch: vorhergesagte Umweltkonzentration

¹⁴ WWTP - waste water treatment plant, Englisch für Abwasserbehandlungsanlage, Kläranlage

¹⁵ [OECD Test No. 211: *Daphnia magna* reproduction test | OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2: Effects on Biotic Systems | OECD iLibrary \(oecd-ilibrary.org\)](#), verabschiedet am 02.10.2012

¹⁶ Die niedrigste beobachtete Wirkkonzentration (Lowest Observed Effect Concentration, LOEC) ist die niedrigste geprüfte Konzentration einer Prüfsubstanz, bei der eine signifikante toxische Wirkung der Substanz (bei $p \leq 0,05$) im Vergleich zur Kontrolle beobachtet wird. Allerdings müssen alle Prüfkonzentrationen oberhalb der LOEC eine Wirkung haben, die gleich oder größer ist als die bei der LOEC beobachtete. Können diese beiden Bedingungen nicht erfüllt werden, so ist ausführlich zu erläutern, wie die LOEC (und damit die NOEC) gewählt wurde. [Definition nach OECD TG 225, Annex 1, S. 21, verabschiedet am 16.10.2007]

¹⁷ ECETOC - European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals

So wurden in chronischen (21 Tage) ökotoxikologischen Prüfungen mit Daphnien NOEC¹⁸-Werte zwischen 1,3 und 350 mg/L für P-AA/MA ermittelt (HERA, 2014 b).

Die Grundlage für Aussagen zur Umweltgefährdung sind häufig die abgeleiteten PNEC¹⁹-Werte für das jeweilige Umweltkompartiment. Wegen der begrenzten Testdaten für das Kompartiment „Sediment“ wurde für ein 4.500 Da großes P-AA mittels der Sediment-Gleichgewichtsverteilungsmethode auf Basis eines Tests mit dem sedimentbewohnenden Organismus *Chironomus riparius*²⁰ (EC₀²¹-Wert (96 h) > 4.500 mg/kg Sediment-Trockengewicht) und des Partitionskoeffizienten²² von 54 L/kg (24 h) ein PNEC_{Sediment} von 130 mg/kg Nassgewicht abgeleitet (HERA, 2014 a). Aufgrund gänzlich fehlender experimenteller Daten zur Sedimenttoxizität für P-AA/MA ist der PNEC_{Sediment} von 536 mg/kg Nassgewicht mittels der Gleichgewichtsverteilungsmethode unter Verwendung von Daten aus aquatischen Arten abgeleitet wurde (HERA, 2014 b). Eine wirkliche Prüfung der Sediment- bewohnenden Organismen und damit der potentiellen toxikologischen Wirkung auf das Umweltkompartiment „Sediment ist bisher nicht durchgeführt worden.

1.2 Polyvinylalkohole

Neben den PCA und PCA-Alternativen sollen ebenfalls Polyvinylalkohole (PVAs) als weitere polymere adsorptive Stoffgruppe untersucht werden.

Verschiedene PVA-basierte filmbildende Vertreter (Homopolymere, Co-Polymere, Mischungen etc.) mit einem Verseifungsgrad (Hydrolysegrad) zwischen 87 % - 89 % und einem Polymerisationsgrad von 600 - 2.400, häufig zusammen mit einem modifizierten PVA-Gerüst sowie eingesetzter Additive (u. a. Weichmacher, siehe Byrne, et al., 2021), werden vermehrt als Umverpackung portionierter Wasch- und Geschirrspülmittel eingesetzt. Die so produzierten Folien sollen eine hohe Wasserlöslichkeit – auch bei niedrigen Temperaturen – für WRM gewährleisten, sodass sie während des jeweiligen Waschvorgangs bei Wasserkontakt schnell zerfallen und die meist zuvor in Kammern separierten Inhaltsstoffe freigeben. Die physikalisch-chemischen Eigenschaften sowie das biologische Abbauverhalten bzw. generelle Umweltverhalten dieser Materialien verändert sich dabei je nach Produktionsprozess, Polymerisations- sowie Hydrolysegrad und Integration funktioneller Gruppen bzw. Art der Co-Polymere (siehe Chiellini, Corti, D’Antone, & Solaro, 2003).

Die Forschergruppe um Chiellini *et al.* 2003 stellte die unterschiedlichen biologischen Abbaurate von PVAs (Homopolymere, Co-Polymere, Mischungen) je nach Reaktionsbedingungen in einer Übersichtspublikation zusammen. Beispielsweise sind unter anaeroben Bedingungen

¹⁸ Die No Observed Effect Concentration (NOEC) ist die Prüfkonzentration unmittelbar unterhalb der LOEC, die im Vergleich zur Kontrolle keine statistisch signifikante Wirkung ($p \leq 0,05$) innerhalb eines bestimmten Expositionszeitraums hat. [Definition nach OECD TG 225, Annex 1, S. 21, verabschiedet am 16.10.2007]

¹⁹ PNEC - predicted no effect concentration

²⁰ *Chironomus riparius* (Meigen 1804) ist eine Zuckmückenart, die als Standardtestorganismus für ökotoxikologische Untersuchungen verwendet wird.

²¹ EC_x steht für die effektive Konzentration, die erforderlich ist, um eine Veränderung der Wirkung um x % gegenüber der Kontrolle zu erreichen [Definition in Anlehnung an ECETOC TR No. 133-3, 2021]

²² Der Partitionskoeffizient gibt das Verhältnis der Konzentration einer Verbindung im Feststoff zur Konzentration einer Verbindung in der flüssigen Phase an. [Definition nach UBA-Texte 143/2022, 2022, S. 40]

und mit natürlichen Sediment-Inokula Abbauraten von 75 % eines 2,2 kDa bzw. 50 - 60 % eines 14 kDa PVAs ermittelt worden, doch zeigte PVA in anaeroben Tests mit Klärschlamm gemäß den Standardverfahren nach ISO²³ und ASTM²⁴ nur eine geringe Zersetzung (0 - 12 %) in 77 Tagen. In dieser Größenordnung liegt auch der biologische Abbau von einem zu 98 % hydrolysierten PVA unter aeroben Bedingungen innerhalb der Verweilzeit von maximal einem Tag in den Kläranlagen. Bei längerer Inkubation sind PVA-Homopolymere jedoch eine der wenigen in Wasser löslichen und unter Einwirkung von entsprechend akklimatisierter Mikroorganismen vollständig biologisch abbaubaren Polymere (Chiellini, Corti, D'Antone, & Solaro, 2003). In einer Publikation namhafter WRM-Hersteller wurden Daten aus OECD-Standardtests auf leichte biologische Abbaubarkeit unter aeroben Bedingungen von sechs nicht näher charakterisierten Folien mit PVA-Gehalten zwischen 60 und 85 % ausgewertet (Byrne, et al., 2021). Im Durchschnitt erreichten diese Materialien in den unterschiedlichen Testsystemen eine Abbaurate von 60,4 %, jedoch mit einer hohen Schwankungsbreite von 38 - 86 %.

Durch die unterschiedlichen physikalisch-chemischen Eigenschaften, die u. a. diese unterschiedlichen Abbauraten und auch das Adsorptionsverhalten der PVAs und PVA-basierten Filmen bedingen, ist es naheliegend, dass sich die (öko-)toxikologischen Wirkungen ebenfalls unterscheiden. Informationen zur Ökotoxizität bzw. dem Umweltverhalten sind jedoch recht spärlich.

Aus akuten Toxizitätsstudien, welche von P & G (The Procter and Gamble Company, Environmental Safety and Stewardship, Mason, OH. USA) durchgeführt wurden, wurde im Test mit dem als Mowiol 18-88™ benannten PVA-basierten Film mit einem Hydrolysegrad von rund 88 % mol und einem Molekulargewicht von 130 kDa eine sehr geringe aquatische Toxizität ermittelt. Das Wachstum bzw. die Biomasseproduktion der Grünalge *Raphidocelis subcapitata* wurden nach Exposition mit nominal 1000 mg/L nach 96 h im Vergleich zur Kontrolle nur um 1,78 % bzw. 3,79 % gehemmt (OECD TG 201, P&G, 2023 a). Im Fisch-Embryo-Test (FET, gemäß OECD TG 236) mit Zebrafischen (*Danio rerio*) wurde bei den nominalen Konzentrationen von 750 und 1000 mg/L nach 96 Stunden keine Mortalität festgestellt (P&G, 2023 b). Und auch in der 48 h-Studie mit *Daphnia magna* nach OECD TG 202 wurde bei einer Nominalkonzentration von 1000 mg Mowiol/L keine Mortalität verzeichnet (P&G, 2023 c). Das Ausbleiben akuter physiologischer Effekte bei *Daphnia magna* wurde auch von Mondellini *et al.* 2022 mit einem 75 %ig hydrolysiertem Polyvinylalkohol von rund 2 kDa festgestellt, jedoch zeigten sich in der 21-tägigen Daphnien-Studie nach OECD TG 211²⁵ chronische Beeinträchtigungen im Lebenszyklus. So wurden ab 5 mg PVA/L eine geringere Körpergröße der Muttertiere sowie weniger Jungtiere und zusätzlich bei 10 mg PVA/L eine geringere Anzahl an Reproduktionszyklen dokumentiert. Die Forschenden führten Belege an, dass eine geringere Körpergröße direkten

²³ ISO - Internationale Organisation für Normung; ist eine internationale Vereinigung von Normungsorganisationen mit Sitz in Genf, Schweiz, die verschiedene international anerkannte Normen erarbeitet.

²⁴ ASTM - American Society for Testing and Materials (neu ASTM International) ist eine internationale Standardisierungsorganisation mit Sitz in West Conshohocken, Pennsylvania, USA. Sie veröffentlicht technische Standards für Waren und Dienstleistungen.

²⁵ [OECD Test No. 211: *Daphnia magna* reproduction test | OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2: Effects on Biotic Systems | OECD iLibrary \(oecd-ilibrary.org\)](#), verabschiedet am 02.10.2012

Einfluss auf das Nahrungsnetz haben könnte, da sie somit auch ins Beuteschema von Raubtieren wie *Mesocyclops*²⁶ fallen würden, was wiederum zur Verringerung ihrer Gesamt-Biomasse führen könnte (siehe Mondellini, et al., 2022).

Schon wegen des langsamen Abbaus sollten weitere chronische Effekte auf die verschiedenen Trophiestufen der aquatisch lebenden Organismen aber bedingt durch das hohe Adsorptionspotential auch die Wirkung auf benthischen Lebewesen näher untersucht werden, um das Umweltverhalten wasserlöslicher Polymeren besser zu verstehen.

1.3 Polyquaternium-Verbindungen

Die in WRM bzw. v. a. Rinse-off-Kosmetika eingesetzten Polyquaternium-Verbindungen (PQs) sind eine relativ heterogene Stoffgruppe. In diese Kategorie fallen gemäß der INCI²⁷-Nomenklatur polymere organische quartäre Ammonium-Verbindungen. Als kationische Verbindungen mit oberflächenaktiven Eigenschaften werden PQs v. a. als Filmbildner in Produkten wie beispielsweise Shampoos und Haarspülungen eingesetzt (UBA-Texte 143/2022, 2022).

In einigen dieser abwassergängigen Produktgruppen sind Vertreter der PQs enthalten, die kaum inhärent biologisch abbaubar sind (siehe Review von Duis, Junker, & Coors, 2021) und somit den PBO zugeordnet werden können. In den Kläranlagen werden für die PQs PQ-6, PQ-10, PQ-11, PQ-28 und PQ-55 nur Eliminationsraten zwischen 8 % und 38 % über die Adsorption an Klärschlamm berechnet (Cumming, Hawker, Chapman, & Nugent, 2011). Mit einem geringen biologischen Abbau im Klärschlamm und der unvollständigen Elimination haben einige PQs über den Kläranlagenablauf das Potential auf die Umweltkompartimente „Oberflächengewässer“ und „Sediment“ bzw. den dort lebenden Organismen einzuwirken.

Die Datenlage zu Verbleib, Verhalten und Ökotoxikologie der PQs ist jedoch überschaubar. Im Bericht zur „Datenerhebung zu Verwendungen, Zusammensetzung und Umwelteigenschaften von Polyquaternium-Verbindungen“ (UBA-Texte 143/2022, 2022) wurden Umweltkonzentrationen von 10 - 20 % der kationischen Polymere aufgezeigt, die unter typischen Bedingungen mit kurzkettigen Huminsäuren wasserlösliche Komplexe eingehen können und somit in der aquatischen Phase verbleiben. Jedoch ergibt sich aus den Partitionskoeffizienten mit Werten zwischen 230 - 2.200 L/kg je nach Ladungsdichte des Polymers (analysierte PQ-Verbindungen: PQ-6, PQ-10, PQ-11, PQ-28 und PQ-55; Cumming, Hawker, Chapman, & Nugent, 2011), dass der Großteil der Verbindung eher als Feststoff gebunden als gelöst vorliegt. Es wird zudem angenommen, dass je nach Ladungsdichte die PQs bereits in den Kläranlagen irreversibel an organische Schwebstoffe binden und ausfallen (siehe UBA-Texte 143/2022, 2022). Generell sorbieren PQs stark an negative geladene Oberflächen wie negative geladene Sediment- bzw. Bodenpartikel (siehe Duis, Junker, & Coors, 2021). Aufgrund dieser adsorptiven Eigenschaften an Oberflächen ist bisher auch keine standardisierte (massenspektroskopische) Analytik von PQs etabliert (ECETOC TR No. 133-3, 2021).

In der UBA-Studie (UBA-Texte 143/2022, 2022) wird zusammengefasst, dass das ökotoxikologische Potential v. a. von der positiven Ladung der PQ-Verbindungen ausgeht, durch welche

²⁶ *Mesocyclops* ist eine Gattung von Ruderfußkrebsen, die in stehenden tropischen Gewässern vorkommen.

²⁷ INCI - Internationale Nomenklatur für kosmetische Inhaltsstoffe (Abkürzung INCI von englisch International Nomenclature of Cosmetic Ingredients)

sie beispielsweise an die negativ geladene Lipiddoppelschicht der Zellmembranen und an der äußeren Zellwand von Algen binden, jedoch nicht in die Zellen eintreten. Die wenigen Publikationen zu durchgeführten belastbaren ökotoxikologischen Testungen weisen jedoch ein moderates bis hohes Toxizitätspotential gegenüber aquatischen Organismen, v.a. gegenüber Algen, aus (siehe UBA-Texte 143/2022, 2022; Duis, Junker, & Coors, 2021). Für verschiedene Algenspezies sind akute EC_{50} -Werte von oftmals unter 1 mg/L und chronische EC_{10} - und EC_{20} -Werte unterhalb 0,5 mg/L zusammengetragen worden (siehe ebenda). Untersuchungen zum toxikologisches Potential gegenüber Sedimentorganismen liegen derzeit nicht vor, sodass eine Wirkung der PQs auf benthische Sediment-/Schwebpartikel-aufnehmende Organismen nicht ausgeschlossen werden kann.

2. Ziel und Gegenstand des Forschungsprojekts

Das Hauptziel des Forschungsvorhabens ist, Erkenntnisse hinsichtlich des Umweltverhaltens und der ökotoxikologischen Wirkung von polymeren sowie adsorptiven schwer biologisch abbaubaren Inhaltsstoffe (Polycarboxylate bzw. deren Alternativen, Polyvinylalkohole sowie Polyquaternium-Verbindungen) auf Sedimentorganismen zu erlangen. Dies soll ein realeres Bild zur Sediment- bzw. ökotoxikologischen Bewertung der Substanzen generieren.

Das Projekt umfasst dabei die Zusammenstellung des bisherigen Wissensstandes zu den chemisch-physikalischen sowie ökotoxikologischen Eigenschaften der für Wasch- und Reinigungsmittel bzw. Rinse-off-Kosmetika relevanten Vertreter aus den Stoffgruppen und ein daraus abgeleitetes Ranking zur Auswahl der in Summe zwei experimentell zu untersuchenden Polymere. Nach erfolgter Auswahl und anschließenden Untersuchungen hinsichtlich ihrer Verteilung im künstlichen Sediment-Wasser-System folgen die Sediment-toxikologischen Prüfungen mittels standardisierter OECD-Prüfvorschriften an den zwei Sedimentorganismenarten *Lumbriculus variegatus* (OECD TG 225) und *Chironomus riparius* (OECD TG 233) im Sediment-Wasser-System. Dabei soll das je Substanz bestmögliche Analyseverfahren für die Begleitanalytik eingesetzt werden, welches die Beprobung der wässrigen Phase wie auch von an Sedimentpartikel adsorbierten Anteilen der ausgewählten Polymere in diesem System erlaubt, um die ökotoxikologischen Kennzahlen zu ermitteln.

Neben dem besseren Verständnis des Umweltverhaltens der biologisch schwer abbaubaren Stoffgruppen sollen die Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt auch als Diskussions- bzw. Argumentationsgrundlage für mögliche Handlungsempfehlungen im Kontext der europäischen und/oder nationalen regulatorischen Bestimmungen für die Verwendung von Polycarboxylaten, Polyvinylalkohole bzw. Polyquaternium-Verbindungen in Wasch- und Reinigungsmitteln bzw. Rinse-off-Kosmetika dienen.

3. Aufgabenstellung / Arbeitspakete

Die unter Punkt 2 **Ziel und Gegenstand des Forschungsprojekts** beschriebenen Aufgabenschwerpunkte werden im Folgenden in einzelne Arbeitspakete (APs) untergliedert und die Aufgabenstellungen konkretisiert.

Es ist zu beachten, dass das **AP 1 - Recherchen zu PCAs/PCA-Alternativen, PVA und PQs mit anschließendem Ranking** sowohl für die Stoffgruppe der PCA und deren Alternativen, der PVA wie auch der PQ sowie deren jeweiliger Salze, die in WRM bzw. Rinse-off-Kosmetika verwendet werden, durchzuführen ist. Die Durchführung der anschließenden Aufgaben unter **AP 2 - Verteilung der Polymere im künstlichen Sediment-Wasser-System, AP 3 - Sediment-toxikologische Charakterisierung der Polymere** und **AP 4 - Chemische Analysen** beschränkt sich auf die zwei ausgewählten Polymere.

Die experimentellen und analytischen Fragestellungen (siehe **AP 2, AP 3** und **AP 4**) sind nach einer vorher festgelegten Standardvorgehensweise, einem Standard Operation Procedure (SOP), bzw. den Prüfvorschriften der jeweiligen OECD Test Guideline (TG) durchzuführen. Der Bearbeitungsverlauf der einzelnen Aufgaben bzw. der Versuchsreihen ist in einem zugehörigen Versuchsprotokoll festzuhalten, welches nach Guter Wissenschaftlicher Praxis die Fortschritte, Zwischenergebnisse und Ergebnisse dokumentiert. Jedwede Abweichung ist in diesen Protokollen aufzunehmen. Je nach Umfang können die Versuchsergebnisse als Anlage zum zugehörigen Versuchsprotokoll in einer separaten Datei (vornehmlich als MS Office²⁸-Dokument) erfasst werden. Die Protokolle sind Bestandteil der jeweiligen Projektberichte (siehe **5.1 Projektberichte**) und sind diesen als Anlagen beizufügen.

Weiterhin ist neben der beschriebenen Basisvariante eine alternative Variante begründet im bis dato erreichten projektbezogenen Erkenntnisgewinn durch den Auftraggeber (AG) innerhalb des Projektes formuliert. Je nach Möglichkeiten der Projektpartner/innen, dem Projektfortgang sowie den Erfolgchancen eines zusätzlichen Erkenntnisgewinnes wird beim Kick-off-Meeting bzw. während des laufenden Projektes vereinbart werden, ob die Basisvariante oder alternative Variante innerhalb des Projektes durchgeführt wird. Die Alternative ist durch „*Variante Nr. 1*“ innerhalb der beschriebenen Basisvariante gekennzeichnet und ebenso im Angebot als „*Variante Nr. 1*“ zu behandeln. Das bedeutet, dass der zusätzlich zur beschriebenen Basisvariante anfallende Aufwand für die alternative „*Variante Nr. 1*“ in der Kosten- wie auch Zeitplanung gesondert auszuweisen ist. Nicht durchgeführte Leistungen/Kosten der Basisvariante sind bei der Kalkulation der zusätzlichen Kosten der alternativen „*Variante Nr. 1*“ dementsprechend zu berücksichtigen.

Im zu erstellenden Angebot ist auf die nachfolgenden APs, den darin beschriebenen Aufgabenstellungen unter den genannten Rahmenbedingungen einzugehen und die geplante Vorgehensweise begründet darzulegen.

²⁸ MS Office - Microsoft Office bezeichnet ein Office-Paket von der Microsoft Corporation für beispielsweise Windows und stellt eine Zusammenstellung gebräuchlicher Software für Arbeiten im Büro dar.

AP 1 - Recherchen zu PCAs/PCA-Alternativen, PVA und PQs mit anschließendem Ranking

Ziele:

- Übersichten zu den physikalisch-chemischen sowie ökotoxikologischen Kenntnissen
- Übersichten zu Umweltfunden
- Übersichten zu Verwendungsgebieten und Einsatzmengen
- Ranking und Auswahl der ökotoxikologisch relevantesten zwei Vertreter
- Überprüfung, ob alle Daten zur erfolgreichen Durchführung der Versuche unter **AP 2**, **AP 3** und **AP 4** vorhanden sind

Aufgabenstellung:

Es sind umfassende Literaturrecherchen in nationaler und internationaler Fachliteratur und weiterführenden Veröffentlichungen durchzuführen, die die in WRM und Rinse-off-Kosmetika enthaltenen PCAs und ihre Alternativen sowie PVAs und PQs hinsichtlich ihrer physikalisch-chemischen wie auch ökotoxikologischen Eigenschaften charakterisieren. Weiterhin sind Funde in der Umwelt mit der jeweils verwendeten stoffspezifischen Analyse-methode zu recherchieren. Es sind bei allen Recherchen auch die in WRM bzw. Rinse-off-Kosmetika häufig eingesetzten Salze je Substanz zu beachten. Zu den untersuchten Substanzen sind zudem Verwendungsgebiete und Einsatzmengen zu recherchieren.

Für die Literaturstudie ist der Untersuchungszeitraum ausgehend vom Jahr 2000 bis zum Tage der durchzuführenden Literaturstudie zu setzen. Bei hoher Relevanz älterer aber grundlegenden Publikationen sind diese ebenfalls zu inkludieren.

Als Grundlagen für die Recherchen können die unter Punkt **1 Hintergrund und Problemstellung** erwähnten Quellen, im Speziellen die HERA¹²-Berichte zu den Homo²⁹- und Co-Polymeren der Polycarboxylate³⁰, die Dokumente U.S. Environmental Protection Agency 2023³¹ zu den PVA sowie der RPA-Bericht 2006³² wie auch der Abschlussbericht UBA-Texte 143/2022³³ zu den Polyquaternium-Verbindungen dienen, die um Daten aus der weiteren Fachliteratur ergänzt werden.

Die Recherchen sollen ebenfalls der Überprüfung dienen, ob alle Daten zur erfolgreichen Durchführung der experimentellen Versuche unter **AP 2 - Verteilung der Polymere im künstlichen Sediment**, **AP 3 - Sediment-toxikologische Charakterisierung der Polymere** und **AP 4 -**

²⁹ HERA - Bericht (2014): "[Polycarboxylates used in detergents \(Part I\) - Polyacrylic acid homopolymers and their sodium salts \(CAS 9003-04-7\)](#)", Version 3.0, HERA Secretariat, Brussels, Belgium

³⁰ HERA - Bericht (2014): "[Polycarboxylates used in detergents \(Part II\), Polyacrylic/maleic acid copolymers and their sodium salts \(CAS 52255-49-9\)](#)", Version 3.0, HERA Secretariat, Brussels, Belgium

³¹ Docket EPA-HQ-OPPT-2022-0923 der U.S. Environmental Protection Agency, Response to TSCA Section 21 Petition: PVA; <https://www.regulations.gov/docket/EPA-HQ-OPPT-2022-0923>, abgerufen im September 2025

³² RPA Final Report (2006): "[Non-surfactant Organic Ingredients and Zeolite-based Detergents](#)", EU-Commission

³³ UBA-Texte 143/2022 (2022): "[Datenerhebung zu Verwendungen, Zusammensetzung und Umwelteigenschaften von Polyquaternium-Verbindungen](#)", Umweltbundesamt

Chemische Analysen vorhanden sind. Es soll sich dabei an den Voraussetzungen zur Durchführung der OECD TG 225 „Sediment-Water *Lumbriculus* Toxicity Test Using Spiked Sediment“³⁴ Punkte 6 und 7 sowie der OECD TG 233 „Sediment-Water Chironomid Life-Cycle Toxicity Test Using Spiked Water or Spiked Sediment“³⁵ Punkt 8 orientiert werden.

AP 1.1 - Substanzspezifische Eigenschaften

Aus der veröffentlichten Literatur sind die in WRM bzw. Rinse-off-Kosmetika enthaltenen PCAs, ihre Alternativen sowie PVAs und PQs und der jeweiligen relevanten Salze hinsichtlich ihrer substanzspezifischen Eigenschaften zu charakterisieren. Unter Verwendung spezifizierende Polymerangaben (z. B. Identifikationsnummer/n, Molekulargewicht, Kettenlänge) sollen u. a. folgende Kriterien dokumentiert werden:

a) *Physikalisch-chemische Eigenschaften:*

- Wasserlöslichkeit
- Verteilungskoeffizienten (z. B. K_{ow} , $\log K_{ow}$, K_{oc})
- Adsorptions-/Desorptions- und Dissoziationseigenschaften
- Oberflächenspannung
- Physikalisch-chemische Stabilität (z. B. Hydrolyse, Fototransformation)

b) *Ökotoxikologische Eigenschaften:*

- Ökotoxizität (aquatische Toxizität, terrestrische Toxizität, Sedimenttoxizität (siehe c))
- PEC und PNEC je Umweltkompartiment
- Bioakkumulationspotential (z. B. BCF)
- Biologische Abbaubarkeit
- Transport und Verteilung in verschiedenen Umweltkompartimenten (z. B. K_{oc} , H_s)

c) *Sedimenttoxizität*

Ein besonderer Fokus soll auf Untersuchungen von aus WRM bzw. Rinse-off-Kosmetika stammende PCAs, ihrer Alternativen bzw. PVAs und PQs und der jeweiligen relevanten Salze im Umweltkompartiment „Sediment“ liegen. Hier muss ggf. der Untersuchungszeitraum erweitert werden. Es sind explizit Veröffentlichungen zu Untersuchungen des Sediments auf PCAs, ihrer Alternativen bzw. PVAs und PQs (siehe auch **AP 1.2 - Umweltfunde**) und ökotoxikologische Testungen mit bodenständigen Wasserpflanzen, mit Sedimentbewohnern des Makrozoobenthos und mit Mikroorganismen sowohl im limnischen, marinen wie auch Brackwasserbereich zu recherchieren und textlich darzulegen. Dazu sollen sowohl Methoden nach Prüfrichtlinien, beispielsweise DIN-Norm oder OECD

³⁴ [OECD Test No. 225: Sediment-Water Lumbriculus Toxicity Test Using Spiked Sediment | OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2: Effects on Biotic Systems | OECD iLibrary \(oecd-ilibrary.org\)](#), verabschiedet am 16.10.2007 oder aktueller

³⁵ [OECD Test No. 233: Sediment-Water Chironomid Life-Cycle Toxicity Test Using Spiked Water or Spiked Sediment | OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2: Effects on Biotic Systems | OECD iLibrary \(oecd-ilibrary.org\)](#), verabschiedet am 22.07.2010 oder aktueller

Test Guideline, aber auch die Vorstellung neuer Verfahren im Rahmen von Forschungsprojekten inkludiert werden. Die Ergebnisse sind zusätzlich in einer folgend beschriebenen Ergebnistabelle zu dokumentieren, die um die verwendete Methode bzw. Prüfrichtlinie unter Angaben zu u. a. Fehlerquellen, Reproduzierbarkeit und Validität zu erweitern ist.

Die Ergebnisse zu **a)** und **b)** sind je Substanz; zu **c)** je Substanz oder untersuchter Spezies, tabellarisch mindestens mit der jeweiligen Quellenangabe, ggf. Prüfungsvorschrift und Prüfungsjahr zusammenzustellen. Bei der Dokumentation sind darüber hinaus die verwendete Analysemethode und die Untersuchungsbedingungen, wie beispielsweise Temperatur, pH-Wert, Dauer der Testung, Versuchstier und ggf. das Geschlechterverhältnis, zum jeweiligen Kriterium/Prüfdatum mit aufzuführen. Weitere relevante Angaben sind durch den/die AN bei Vorhandensein zu inkludieren. Werden zu einem Kriterium mehrere Ergebnisse zu einer Substanz bzw. Organismenart gefunden, sind alle absteigend nach Prüfungsjahr aufzuführen. Eine kurze textliche Ergebniszusammenfassung bzw. Ableitung für folgende APs soll diesen Teilaspekt der Literaturrecherche abschließen.

Im Angebot sind Vorschläge zur jeweiligen Übersichtstabelle mit einer geeigneten Kategorisierung der Ergebnisse darzulegen. Die Quellenangaben können zur Erhöhung der Übersichtlichkeit in der Tabelle referenziert und in einem Beiblatt extra aufgeführt werden. Der/Die Bietende wird angeregt, weitere dem Projekt dienliche Informationen zu den untersuchten Substanzen zu inkludieren.

AP 1.2 - Umweltfunde

Aus Literaturquellen sowie öffentlich zugänglichen Monitoring-Daten und Messdaten, beispielsweise Abwasser-, Trinkwasser-, Sediment- wie auch Bodenkontrollen, sind Umweltfunde der WRM- bzw. Rinse-off-Kosmetika-relevanten PCAs, ihre Alternativen sowie PVAs und PQs zu dokumentieren.

Zur Überprüfung einer möglichen Anreicherung der PCAs, ggf. ihrer Alternativen bzw. PVAs und PQs im Gewebe von Organismen und damit dem Potential einer Bioakkumulation über die Nahrungskette sind auch Studien an Organismen als Funde der jeweiligen Substanz aufzunehmen.

Neben der Dokumentation des Vorhandenseins und der Häufigkeit von Umweltfunden sollen die Ergebnisse tabellarisch mit mindestens der jeweiligen Quellenangabe, Analysemethode und Prüfungsjahr geordnet nach dem jeweiligen Umweltkompartiment bzw. der untersuchten Spezies zusammengestellt werden. Zusätzlich sollen verfügbare Angaben zu Ort, Datum der Probenahme, untersuchtes Medium (z. B. Oberflächenwasser, Kläranlagenzu-/ablauf, Sediment, Schwebstoffe), Stoffbezeichnung, Analysemethode, Bestimmungs-/Nachweisgrenze, Fund ja/nein, Messwert, Einheit (z. B. mg/kg, mg/L etc.) zum jeweiligen Literaturzitat aufgenommen werden. Weitere relevante Angaben sind durch den/die AN zu inkludieren. Eine kurze textliche Ergebniszusammenfassung bzw. Ableitung für folgende APs soll diesen Teilaspekt der Literaturrecherche abschließen. Hier ist auch ein kurzer Vergleich der recherchierten Analysemethoden mit der geplanten Methode durchzuführen und die Vor- bzw. Nachteile letzterer im Vergleich aufzuzeigen (siehe auch **AP 4.1 - Analysemethode/n**).

Im Angebot ist mindestens ein Vorschlag zur Übersichtstabelle mit einer geeigneten Kategorisierung der Ergebnisse darzulegen. Die Quellenangaben können zur Erhöhung der Übersichtlichkeit in der Tabelle referenziert und in einem Beiblatt extra aufgeführt werden. Der/Die Bietende wird angeregt, weitere dem Projekt dienliche Informationen zu den untersuchten Substanzen zu inkludieren.

AP 1.3 - Verwendungsgebiete und Einsatzmengen

Zu den in **AP 1.1 - Substanzspezifische Eigenschaften** und **AP 1.2 - Umweltfunde** näher charakterisierten Substanzen sind die Verwendungsgebiete und Einsatzmengen, insbesondere in Deutschland und Europa, zu recherchieren. Dabei sollen die Produktgruppen der WRM und Rinse-off-Kosmetika in höherer Detailtiefe hinsichtlich der Produktuntergruppe (Bspw. Waschmittel, Geschirrspülmittel, Shampoo etc.) betrachtet werden als mögliche andere Verwendungen. Können bei den Einsatzmengen in WRM bzw. Rinse-off-Kosmetika Daten zu unterschiedlichen Jahren ermittelt werden, sind diese in chronologischer Weise aufzuführen und hinsichtlich eines daraus abzuleitenden Trends bis zum jüngsten Datum zu beschreiben und grafisch darzustellen.

Neben einer kurzen textlichen Ergebniszusammenfassung sind die Ergebnisse je Substanz tabellarisch mit mindestens der jeweiligen Quellenangabe und Jahr zusammenzustellen. Weitere relevante Angaben sind durch den/die AN zu inkludieren. Im Angebot ist mindestens ein Vorschlag zur Übersichtstabelle mit einer geeigneten Kategorisierung der Ergebnisse darzulegen. Die Quellenangaben können zur Erhöhung der Übersichtlichkeit in der Tabelle referenziert und in einem Beiblatt extra aufgeführt werden.

AP 1.4 - Auswertung der Recherchen, Ranking

Aus den innerhalb der **AP 1.1 - Substanzspezifische Eigenschaften**, **AP 1.2 - Umweltfunde** sowie **AP 1.3 - Verwendungsgebiete und Einsatzmengen** ermittelten Daten und Erkenntnissen sind Rangfolgen zu den ökotoxikologisch relevantesten Stoffen der PCAs, PCA- Alternativen und PVAs sowie PQs bzw. zu den am stärksten belasteten Umweltkompartimenten (Wasser, Boden, Sediment, Schwebstoffe etc.) begründet abzuleiten. Im Angebot sind Vorschläge zur Ableitung der Rankings aufzuzeigen.

Die nach dem zuvor erfolgten Ranking ökotoxikologisch relevantesten zwei Stoffe über alle untersuchten Stoffklassen, die ein Gefährdungspotential auf das Umweltkompartiment „Sediment“ bzw. dessen Bewohner ausüben, sollen in den folgenden experimentellen Arbeiten weiter untersucht werden. Zu den Charakteristika der Substanzen selbst, die durch das Ranking abgebildet werden, sind u. a. auch Beschaffungsmöglichkeiten, Reinheiten der erwerb-baren Substanzen, Mengen, Kosten und Ähnliches durch den/die AN zu recherchieren und in der Auswahl als Unterkriterium zu beachten.

Die Auswahl der Substanzen für die Experimente muss in enger Absprache mit dem Auftraggeber abgestimmt werden. Dafür ist eigens ein Projekttreffen (siehe **4.1 Projektbesprechungen** sowie **6.1 Projektorganisation** und unter Beachtung von Punkt **5 Berichterstattung**) vor-

zusehen, bei welchem der AN seine Vorschläge der zwei zu untersuchenden Substanzen vorstellt und auf deren Grundlage die endgültige Auswahl der Prüfgegenstände (PGs) für die folgenden experimentellen Arbeiten mit dem AG abgestimmt wird.

AP 2 - Verteilung der Polymere im künstlichen Sediment-Wasser-System

Ziele:

- Ermittlung der Verteilung der ausgewählten Polymere im künstlichen Sediment-Wasser-System
- Untersuchung der Stabilität der ausgewählten Polymere in Lösung
- Ermittlung der Beladungseffizienz an Schweb- bzw. Sedimentpartikel
- Untersuchungen zu Analytverlust, Blind- und Nullwerten
- In Kombination mit **AP 4**, Prüfung der Verwendbarkeit der ausgewählten Analysemethoden/n, auch bei den Untersuchungen von Porenwassers, des Sedimentes und der Schwebstoffe

Aufgabenstellung:

In diesen Vorversuchen, die je Substanz vor den eigentlichen ökotoxikologischen Versuchen durchgeführt werden sollen, soll für die ausgewählten zwei Polymere die jeweilige Verteilung im Sediment-Wasser-System ermittelt werden. Dabei sind Sediment-Wasser-Systeme zu verwenden, die bei den ökotoxikologischen Versuchen im **AP 3 - Sediment-toxikologische Charakterisierung der Polymere** gemäß OECD TG 225 bzw. OECD TG 233 und unter Beachtung der Ausführungen unter **AP 3 b) Künstliches Sediment** und **c) Versuchswasser** vorgegeben sind. In dem zu verwendenden rekonstituierten Versuchswasser ist jeweils die Stabilität der ausgewählten Polymere, im Folgenden als Prüfgegenstände (PGs) bezeichnet, die Menge an adsorbiertem PG im künstlichen Sediment sowie der mögliche Analytverlust, Blind- und Nullwerten zu ermitteln.

Dabei soll auch die Funktionalität der im Analytiklabor der/des AN ausgewählten bzw. verwendeten Analysemethoden/n (siehe **AP 4.1 - Analysemethoden/n**) für die Begleitanalytik zu den ökotoxikologischen Testungen (siehe **AP 3**) überprüft werden und zudem Probelaufe zur Analytik des Porenwassers und ggf. der Schwebstoffe inkludiert sein (siehe auch **AP 4.3 - Analyse der Matrix-Proben**). Beides soll ggf. notwendige Anpassungen vor der Probenaufbereitung bzw. Analyse der Proben aus **AP 3** ermöglichen. Sind Abänderungen notwendig, sind diese mit dem durchführenden Labor der ökotoxikologischen Versuche zu beratschlagen und die Schlussfolgerungen bezüglich des/der Testdesigns für **AP 3.1 - Sediment-Wasser-Test mit Lumbriculus variegatus nach OECD TG 225** bzw. **AP 3.2 - Sediment-Wasser-Test mit Chironomus riparius nach OECD TG 233** spätestens zum Abschluss des **AP 2** mit dem AG abzustimmen.

Grundsätzlich sollen die Untersuchungen mit Stoffen mit mindestens 95 % Reinheit durchgeführt werden. Abweichungen davon sind begründet während des Projekttreffens (siehe

4.1 Projektbesprechungen) unter Einbezug der Auswertungen des **AP 1.4 - Auswertung der Recherchen, Ranking** darzulegen. Die je Substanz gleiche Charge, die für diese Verteilungsversuche benutzt wird, soll möglichst auch für die toxikologischen Untersuchungen verwendet werden (siehe **AP 3**).

Im Angebot sind die geplanten Versuchsdurchführungen für **AP 2** zu beschreiben. Sind aus Sicht des/der AN schon zu diesem Zeitpunkt Anpassungen nötig oder auch möglich, um diese und/oder nachfolgende Versuche erfolgreich durchzuführen, sind diese im Angebot begründet darzulegen. Falls Erkenntnisse, die Anpassungen bedingen, erst während der Vorbereitung oder Versuchsdurchführung auftreten, sind die möglichen Änderungen kurzfristig vorab mit dem AG abzustimmen (siehe auch **4.1 Projektbesprechungen**).

AP 2.1 - Stabilität der Polymer-Lösungen

In diesen Vorversuchen soll analysiert werden, wie stabil das jeweilige Polymer (= PG) im Versuchsmedium über einen zu definierenden Zeitraum ist.

Als „Prüfwasser“ ist vorzugsweise das rekonstituierte Versuchswasser nach OECD TG 225 Punkte 20 und 21 sowie Annex 2 unter Beachtung von **AP 3 c) Versuchswasser** zu wählen, so dies die Löslichkeit des jeweiligen PG zulässt. Sind bei der zu verwendenden Lösung aus Sicht des AN Anpassungen nötig, ist dies mit dem AG vorab abzustimmen.

Der jeweilige PG ist in einer Konzentration einzusetzen, die die Detektion von geringen Unterschieden ermöglicht und die in dem zu testenden Konzentrationsbereich der ökotoxikologischen Versuche (siehe **AP 3**) liegt. Es werden mindestens Doppelbestimmungen zur chemischen Analyse je PG und die Mitführung einer Kontrolle empfohlen.

Spätestens auf Grundlage der unter **AP 1.2 - Umweltfunde** recherchierten Analysemethoden ist dem AG ein begründeter Vorschlag für eine analytisch gut fassbare Konzentration je PG unter Beachtung der folgenden Teilarbeitspakete zu unterbreiten. Die zu verwendende Konzentration je PG ist mit dem AG abzustimmen.

Der Versuchszeitraum bzw. die anvisierten Messzeitpunkte sollen so gewählt werden, dass sowohl die Dauer der ökotoxikologischen Versuche abgebildet wird als auch bei örtlich getrennten Versuchs- und Analytiklaboren die möglichen Lagerungs-/Transportzeiten wie auch die vom AN gewählten Lagerungs-/Transportbedingungen in den Stabilitätsversuchen berücksichtigt werden. Insbesondere sollen mögliche Temperaturunterschiede beachtet werden. Explizite Versuche zu Lagerungs-/Transportzeiten bzw. -bedingungen sind jedoch nicht Teil dieses Forschungsvorhabens.

Über die Zeitreihe sind neben der Überprüfung der PG-Konzentration je Messzeitpunkt auch die Wasserparameter wie unter anderem Wassertemperatur, Oxygenierung, pH, Wasserhärte und Stickstoffgehalt (siehe auch **AP 4.2 - Monitoring der Wasserparameter**) je Ansatz zu dokumentieren.

Das Angebot ist mit begründeten Vorschlägen für eine gut zu analysierende Konzentration bzw. Konzentrationsbereich, die anvisierten Messzeitpunkte sowie die geplante Versuchsdurchführung zu versehen. Die finale Entscheidung zu diesen Aspekten wird gemeinsam in einem Projekttreffen (siehe **4.1 Projektbesprechungen**) getroffen.

AP 2.2 - Beladungseffizienz und -stabilität der Sedimentpartikel mit Polymer

Diese Reihe an Vorversuchen soll unter anderem klären, wie viel des jeweiligen PGs an die Sedimentpartikel adsorbiert und wie viel Zeit zur Einstellung des Verteilungsgleichgewichtes des PGs zwischen rekonstituierten Versuchswasser und künstlichem Sediment erforderlich ist (Konditionierung). Zudem ist auch die Stabilität der Beladung nach Einstellung des Verteilungsgleichgewichts über einen zu definierenden Zeitraum ein Untersuchungsgegenstand.

Das hierfür zu verwendende Sediment-Wasser-System ist vorzugsweise jenes, welches nach OECD TG 225 (OECD TG 225 Punkte 20 und 21 sowie Annex 2 bzw. Punkte 22 bis 27 sowie Annex 4) vorgeschrieben ist, wobei insbesondere das Sediment/Wasser-Verhältnis und die Ausführungen unter **AP 3 b) Künstliches Sediment** und **c) Versuchswasser** zu beachten sind. Es soll das vorgeschriebene Sediment-zu-Wasser-Verhältnis aus der OECD TG 225 beachtet und möglichst verwendet werden. Dieses Prüfverfahren sieht zudem ein Einmischen der Prüfsubstanz ins Sediment vor. Zur Erhöhung der Vergleichbarkeit zu den ökotoxikologischen Prüfungen ist daher im Angebot wissenschaftlich zu diskutieren, inwieweit das Einmischen des jeweiligen PGs ins Sediment die Ermittlung des Verteilungsgleichgewichtes beeinflusst. Daraus ist zu schlussfolgern, ob das Einmischen ins Sediment auch für diese Versuchsreihe je PG durchgeführt werden kann. Wie die Dotierung erfolgt, wird gemeinsam im Auftaktgespräch beschlossen.

Die voraussichtlich drei zu testenden Konzentrationen je PG sind dabei so zu wählen, dass die unter **AP 2.1 - Stabilität der Polymer-Lösungen** gewählte Konzentration inkludiert wird und je nach Lage derer zwei weitere im Bereich von 0,1 bis 1000 mg/L verwendet werden, sodass insgesamt eine geringe, mittlere und höhere Konzentration getestet wird. Dabei sind die jeweiligen Prüfkonzentrationen, die in den Testungen gemäß OECD TG 225 bzw. 233 eingesetzt werden sollen, zu beachten. Weiterhin ist eine Kontrolle ohne PG mitzuführen (siehe auch **AP 2.3 - Analytverlust, Blind- und Nullwerte**). Es werden jeweils mindestens Doppelbestimmungen empfohlen.

Der Versuchszeitraum bzw. die anvisierten Messzeitpunkte sollen so gewählt werden, dass sowohl die Einstellung des Verteilungsgleichgewichtes abgebildet, aber auch die Dauer der ökotoxikologischen Versuche und bei örtlich getrennten Versuchs- und Analytiklabore die möglichen Lagerungs-/Transportzeiten wie auch die vom AN gewählten Lagerungs-/Transportbedingungen berücksichtigt werden. Insbesondere sollen mögliche Temperaturunterschiede beachtet werden. Auch hier gilt, dass explizite Versuche zu Lagerungs-/Transportzeiten und/oder -bedingungen nicht Teil dieses Forschungsvorhabens sind.

Die jeweilige wässrige Probe ist zum geplanten Zeitpunkt mittels Filter (beispielsweise Nylonmembran-Filter) zu filtrieren, sodass die wässrige Phase (Filtrat) von der festen Phase (Filter mit Sedimentpartikel als Filterkuchen) separiert wird. Diese beiden Probenteile sowie das Sediment und ggf. das enthaltene Porenwasser sind auf den Gehalt des eingesetzten PGs chemisch zu analysieren und die Wiederfindungsrate zu bestimmen. Hierbei gilt es zu prüfen, ob der PG auch an den Filter selbst adsorbiert und es somit eventuell zu einem Analytverlust (siehe auch **AP 2.3**) kommt.

Während dieser Versuchsreihen sind neben den Fragestellungen zur Verteilung und Beladung auch die Wasserparameter wie unter anderem Wassertemperatur, Oxygenierung, pH, Wasserhärte und Stickstoffgehalt (siehe auch **AP 4.2 - Monitoring der Wasserparameter** je Ansatz zu dokumentieren.

Das Angebot ist mit begründeten Vorschlägen für die drei Konzentrationsstufen innerhalb eines gut zu analysierenden Konzentrationsbereichs, die anvisierten Messzeitpunkte sowie die geplante Versuchsdurchführung zu versehen. Die finale Entscheidung zu diesen Aspekten wird gemeinsam in einem Projekttreffen (siehe **4.1 Projektbesprechungen**) getroffen.

AP 2.3 - Analytverlust, Blind- und Nullwerte

Die Untersuchungen aus **AP 2.1** und aus **AP 2.2** sollen neben der Frage zur Stabilität bzw. Filterbarkeit auch Hinweise auf den Nullwert bzw. möglichen Analytverlust durch nicht-intendierte Adsorption, beispielsweise an die Gefäßwände oder den verwendeten Filter, geben. Dabei sind auch die unter **AP 3 - Sediment-toxikologische Charakterisierung der Polymere** bzw. bei Transport- und/oder Lagerung verwendeten Materialien bzw. Gefäße zu beachten. Die Wiederfindungsrate kann hierbei u. a. als Maß verwendet werden.

Zudem soll ein Sediment-Wasser-System ohne Beladung zur Ermittlung der Blindwerte für die zu untersuchenden PGs dienen. Dazu sind die unter **AP 2.2** mitgeführten Kontrollen zu verwenden und auf die ausgewählten PGs hin zu analysieren. Diese Proben sind dabei ebenso zu behandeln wie die mit PG. Das heißt, wässrige und feste Phase werden über Filtration separiert und anschließend einzeln analysiert.

Es ist im Angebot ein Versuchsdesign darzulegen, auf welche Weise die Fragen nach dem Analytverlust, den Null- und Blindwerten adressiert werden sollen.

AP 3 - Sediment-toxikologische Charakterisierung der Polymere

Ziele:

- Sediment-toxikologische Untersuchung der Dosis-Wirkungsbeziehung der zuvor ausgewählten Polymere
- Ermittlung der NOEC-, LOEC- und EC_x-Werte für die jeweiligen biologischen Parameter je Versuchsreihe
- Kontrolle und Dokumentation der Wasserparameter vor, während und nach den ökotoxikologischen Untersuchungen
- Probenahme für die chemische Begleitanalytik

Aufgabenstellungen:

Durch die zumeist starke Adsorption der zu untersuchenden Polymere an Sediment bzw. Schwebstoffe, ist zu vermuten, dass Sedimentorganismen über dermale und/oder orale Aufnahme von Sediment- bzw. Schwebstoffpartikeln mit den anhaftenden Polymeren in Kontakt

kommen. In diesem Forschungsvorhaben soll die Wirkung der zuvor ausgewählten Polymere (siehe **AP 1.4 - Auswertung der Recherchen, Ranking**) auf zwei verschiedene Vertreter des Makrozoobenthos, dem Glanzwurm *Lumbriculus variegatus* (zwei Polymere; *alternativ* drei Polymere, siehe *Variante Nr. 1*) und der Zuckmücke *Chironomus riparius* (ein Polymer; bzw. entfielen bei der Durchführung von *Variante Nr. 1*), getestet werden.

Die anvisierten ökotoxikologischen Testungen sollen nach standardisierten Verfahren, der OECD Test Guideline 225, 2007 (OECD TG 225³⁴, siehe **AP 3.1 - Sediment-Wasser-Test mit *Lumbriculus variegatus* nach OECD TG 225**) und der OECD Test Guideline 233, 2010 (OECD TG 233³⁵, siehe **AP 3.2 - Sediment-Wasser-Test mit *Chironomus riparius* nach OECD TG 233**) sowie unter vergleichbaren Versuchsbedingungen (GLP, ISO 9001, DIN EN ISO/IEC 17025 etc.) stattfinden.

Wie auch in **AP 2 - Verteilung der Polymere im künstlichen Sediment-Wasser-System** sollen die ökotoxikologischen Untersuchungen mit Stoffen mit mindestens 95 % Reinheit durchgeführt werden. Zudem soll möglichst die je Substanz gleiche Charge wie für die Verteilungsversuche verwendet werden.

Das **AP 3** ist in einzelne Versuchsreihen untergliedert. Eine Versuchsreihe entspricht dabei der Gesamtheit der Messreihe eines Prüfgegenstandes pro Testorganismus (siehe **AP 3.1** und **AP 3.2**). Innerhalb einer Versuchsreihe ist ein Testansatz durch eine spezifische Substanzkonzentration (siehe **AP 3 d) Konzentrationsstufen der Prüfsubstanz**) definiert.

Für analytische Zwecke sind je Versuchsreihe auch vollständige Testansätze, nachfolgend als Analyseansätze bezeichnet, mitzuführen. Diese sind nicht für die Ermittlung der biologischen Endpunkte bestimmt, wohl aber für die spätere Analyse der wässrigen und festen Proben (siehe **AP 4.3 - Analyse der Matrix-Proben**). Auch diese Ansätze sind hinsichtlich der Wasserparameter (siehe **AP 4.2 - Monitoring der Wasserparameter**) mindestens zu Beginn und zum Ende einer Versuchsreihe zu überprüfen und können zudem für die Beobachtungen während der Versuche (siehe u. a. **AP 3 e) Generelle Parameter und Endpunkte**) herangezogen werden. Die Analyseansätze sind nach OECD TG 225 Punkte 30 und 53 ff. bzw. nach OECD TG 233 Punkte 38 - 40 zu konzipieren.

Jede Versuchsreihe ist nachvollziehbar mit allen Informationen und Ergebnissen chronologisch in einem Prüfbericht zu dokumentieren.

Folgend werden die Bedingungen aufgeführt, die für alle Versuche mit den Testorganismen gelten sollen, um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

a) Versuchsaufbau und Testdesign

Grundlage für die Versuchsaufbauten sind die für den jeweiligen Organismus spezifischen Prüfvorschriften OECD TG 225 bzw. OECD TG 233.

Die Projektteilnehmenden haben Sorge zu tragen, dass die Räume, Gerätschaften und technischen Voraussetzungen gegeben sind, um eine standardisierte natürliche Umgebung zu simulieren, und dass die Versuche störungs- und problemfrei durchgeführt werden können.

Die einzusetzenden Tiere müssen einer standardisierten Zucht entstammen, wo Kontaminationen vermieden werden können. Die Projektteilnehmenden verpflichten sich durch ihre Fachkunde auf das Tierwohl in Nicht- und Versuchszeiten zu achten. Dazu gehört auch, die physikalisch-chemischen Faktoren wie beispielsweise Oxygenierung des Wassers, pH, Luft- und Wassertemperatur kontinuierlich zu überprüfen und ggf. zu justieren. Das Lichtregime ist dem natürlichen Tagesrhythmus nachzuempfinden und an die produktiven Phasen des jeweiligen Organismus anzugleichen. Die Organismen sollen zu keiner Zeit auf Grund fehlenden Futters Hunger leiden. Ggf. sind die Adulten von *Chironomus riparius* während des Versuchs mit einem mit Zuckerlösung getränkten Wattebausch zuzufüttern.

Im Angebot sind die geplanten Testdesigns je Sedimentorganismus mit den jeweiligen Zeitpunkten und Umfängen der Überprüfungen der Wasserparameter (siehe **AP 4.2 - Monitoring der Wasserparameter**) und Probenahmen für die Matrix-Proben (siehe **AP 4.3 - Analyse der Matrix-Proben**) kurz zu beschreiben.

b) *Künstliches Sediment*

Das zur Anwendung kommende künstliche Sediment ist gemäß OECD TG 225 Punkte 22 bis 27 und Annex 4 zu konzipieren. Da gemäß Punkt 31 der OECD TG 233 auch die Mückenlarven ins Sediment eingemischtes Brennnesselpulver als Futterquelle akzeptieren, ist für beide Spezies das gleiche künstliche Sediment zu verwenden. Ggf. müssen die Zuckmücken vor dem eigentlichen Versuch an die pflanzliche Kost bzw. das veränderte Sediment gewöhnt werden. Dies ist als Information im Angebot und später im Prüfbericht zu dokumentieren.

Im Sediment gemäß OECD TG 225 ist Torf ein wichtiger Bestandteil, dessen Menge auf den TOC³⁶-Gehalt bemessen wird. Durch das Einmischen des Futters (Brennnesselpulver) als weitere organische Quelle wird der TOC-Wert nicht allein durch den Torf bestimmt. Folglich ist der jeweilige TOC-Gehalt der einzelnen organischen Komponenten zur Herstellung des fertig gemischten künstlichen Sediments mit $2 \pm 0,5 \%$ TOC zu beachten (siehe OECD TG 225 Annex 4). Zur Verifikation ist je Sediment-Ansatz der TOC-Wert vor Einmischung des PGs zu messen und ggf. zu justieren. Die Ergebnisse sind in einer übersichtlichen Datentabelle, vornehmlich als MS Excel-Dokument, zusammenzustellen. Diese Daten sind Teil der jeweiligen Protokolle/Prüfberichte und sind dem zugehörigen Projektbericht als Anlage beizufügen.

Der jeweilige PG soll für beide Organismen dem Sediment, wie unter OECD TG 225 Punkte 28 bis 30 beschrieben, zugesetzt werden. Dabei sind die Wasserlöslichkeiten der zuvor ausgewählten Polymere zu beachten. Um den Einsatz des PGs in den Versuchen zu ermöglichen, ist ggf. ein organisches Lösungsmittel gemäß der OECD TG 225 Punkt 28 einzusetzen und damit geeignete Lösemittelkontrollen mitzuführen. Ist dies aus Sicht des/der AN nötig, ist dies im Angebot, spätestens im ersten Projektbericht bzw. zugehörigen Projekttreffen, begründet und vor der Durchführung der Versuche darzulegen.

Das nach OECD TG 225 hergestellte Sediment stellt auch den Testboden für die Ermittlung der Verteilung der ausgewählten Prüfgegenstände im künstlichen Sediment-Wasser-System dar

³⁶ TOC - Total Organic Carbon (englisch für „Gesamter organischer Kohlenstoff“); Der TOC-Wert gibt die Menge des organisch gebundenen Kohlenstoffs in beispielsweise Wasser, Luft oder Abgasen wieder.

(siehe **AP 2 - Verteilung der Polymere im künstlichen Sediment** unter Beachtung von **AP 1.4 - Auswertung der Recherchen, Ranking**).

Bei den jeweiligen Versuchen (**AP 2** und **AP 3 - Sediment-toxikologische Charakterisierung der Polymere**) ist das nach den OECD TGs 225 und 233 vorgeschriebene Sediment/Wasser-Verhältnis zu verwenden und zu dokumentieren.

Sollte es aus der Erfahrung der Projektteilnehmenden zu Anpassungen des Sedimentes kommen müssen, ist im Angebot zu argumentieren, ob dieses Sediment auch für die jeweils andere Art und unter welchen Bedingungen sowie für die Verteilungsversuche genutzt werden kann. Die Sedimentzusammensetzung ist im Angebot darzulegen.

c) Versuchswasser

Um die Vergleichbarkeit beider ökotoxikologischer Prüfungen (Lumbriculus- und Chironomus-Versuche) zu erhöhen und unter der Prämisse, dass aus Sicht des/der AN eine vergleichbare Performanz von *Chironomus riparius* erwartet werden kann, ist das rekonstituierte Versuchswasser nach OECD TG 225 Punkte 20 - 21 sowie Annex 2 und ggf. 3 für beide Sedimentorganismen bzw. ökotoxikologischen Untersuchungen zu verwenden.

Die laut OECD TG 225 einzustellende Wasserhärte für das rekonstituierte Versuchswasser beträgt 14 °dH (2,5 mmol/L Ca^{2+} - und Mg^{2+} -Ionen), was an der Grenze mittelhart zu hartem Wasser liegt (siehe § 9 WRMG und DVGW e. V., 2023). Um die Vergleichbarkeit hinsichtlich des Parameters „Wasserhärte“ zu gewährleisten, soll die Wasserhärte bei notwendigerweise unterschiedlichen Standardversuchswasser/-medien für die Testungen mit *Chironomus riparius* ebenfalls bei 14 °dH liegen.

Das Ergebnis der Überlegungen, d. h. die Verwendung welchen Versuchswassers bzw. Versuchsmediums inklusive der Zusammensetzung/en, sind im Angebot darzulegen. Welches Versuchswasser/-medium für die jeweiligen Testungen verwendet wird, wird zum Kick-off Meeting final festgelegt.

d) Konzentrationsstufen der Prüfsubstanz

Laut den Prüfvorschriften (OECD TGs 225 und 233) sind mindestens fünf Konzentrationsstufen je Prüfgegenstand und Kontrollansätze in einer Versuchsreihe zu testen. Die Kontrollansätze enthalten dabei alle Komponenten bis auf den PG. Zusätzlich sind die für die Analytik notwendigen Analyseansätze (siehe **AP 4 - Chemische Analysen**) mitzuführen.

Unter Beachtung der Ergebnisse aus der Literaturrecherche (u.a. Wasserlöslichkeit, NOEC, LOEC, EC_{50} , PNEC bzw. PEC, Adsorptionskennzahlen, siehe **AP 1.1 - Substanzspezifische Eigenschaften**), der im **AP 2.2 - Beladungseffizienz und -stabilität der Sedimentpartikel mit Polymer** ermittelten minimalen wie maximalen Beladungskonzentrationen je PG im Sediment oder den möglicherweise durchzuführenden Vortests gemäß OECD TG 225 Punkt 31 bzw. OECD TG 233 Punkt 18) sind für die jeweiligen Haupttests die Abstände zwischen den Konzentrationsstufen und die Anzahl der Replikas anhand der OECD TG 225 Punkte 34 - 37 bzw. OECD TG 233 Punkte 17 - 21 festzulegen. Die Tests sind so zu konzipieren, dass aus den Ergebnissen die biologischen Endpunkte (EC_{50} , NOEC, LOEC) mit ausreichender statistischer Sicherheit kalkuliert werden können.

Je ein Vorschlag für geeignete Konzentrationen der unter **AP 1.4 - Auswertung der Recherchen, Ranking** ausgewählten Polymere ist im zugehörigen Projektbericht bzw. Projektmeeting begründet darzulegen. Dieser ist mit der Auswertung der Ergebnisse von **AP 2 - Verteilung der Polymere im künstlichen Sediment-Wasser-System** ggf. zu spezifizieren. Die zu untersuchenden Konzentrationen je PG werden unter Absprache mit dem AG final festgelegt werden.

e) *Generelle Parameter und Endpunkte*

Die Versuchsreihen sind so zu konzipieren, dass je Parameter die Effektkonzentrationswerte EC₁₀, EC₂₀ bzw. EC₅₀ statistisch ermittelt sowie die NOEC- und LOEC-Werte in der gleichen Versuchsreihe abgeleitet werden könnten. Dazu sind die Anzahl und Replikate der Test- bzw. Kontrollansätze je Versuchsreihe der jeweiligen Prüfvorschrift, OECD TG 225 bzw. 233, für eine gesicherte Statistik zu entnehmen.

Zu beachten gilt, dass neben den Kontroll- und Testansätzen je Versuchsreihe auch Analyseansätze mitzuführen sind, aus denen die Wasser-, ggf. Porenwasser-, Sediment- und ggf. Schwebstoff-Proben für die Analytik (siehe **AP 4.3 - Analyse der Matrix-Proben**) gewonnen werden. Es ist zu beachten, dass diese Analyseansätze (siehe OECD TG 225 Punkte 30 und 53 ff., OECD TG 233 Punkte 38 - 40) für das Monitoring der Wasserparameter mindestens vor und nach, ggf. auch während, einer Versuchsreihe Verwendung finden (siehe **AP 4.2 - Monitoring der Wasserparameter**). Dabei soll die Wasserhärte in °dH als Messwert aufgenommen und nicht wie die anderen Wasserparameter ggf. nachjustiert werden.

Die Proben müssen uneindeutig identifizierbar und der jeweiligen Versuchsreihe zuzuordnen sein. Die Art der Probennahme sowie ggf. die Methodik der Probenlagerung und des Probentransportes der Matrix-Proben (siehe **AP 4.3 - Analyse der Matrix-Proben**) ist zwischen den Laboren abzustimmen.

Die generell zu erfassenden biologischen Parameter je Testansatz sind:

- die eingesetzte Anzahl von Organismen je Testansatz und
- die Gesamtzahl überlebender Organismen je Testansatz.

Die Ergebnisse aus den einzelnen Ansätzen je Versuchsreihe sind in einer übersichtlichen Datentabelle zusammenzustellen. Es sind vornehmlich Dateien mit versuchsscharfen, bearbeitbaren Arbeitsblättern vornehmlich als MS Excel-Dokumente unter Verwendung der Vorlagen (siehe www.umweltbundesamt.de/dokumentvorlagen) einzureichen. Diese Daten sind Teil der Protokolle/Prüfberichte und sind dem zugehörigen Projektbericht als Anlagen beizufügen.

Vor, während und zum Ende der jeweiligen Versuchsreihe wird eine Fotodokumentation in Form von hoch aufgelösten Photographien (mindestens 300 dpi, wenn möglich im RAW-Bildformat oder in absteigender Reihenfolge TIFF-, PNG-, JPEG-Format als eigenständige Dateien) von repräsentativen Ansätzen je Konzentrationsstufe bzw. Kontrolle erwartet. Die Bilder müssen dem Ansatz innerhalb der Versuchsreihe und dem Aufnahmetag eindeutig zuzuordnen sein. Es sollen v. a. vergleichbare Übersichtsfotographien an bestimmten Versuchstagen zur annähernd gleichen Tageszeit erstellt werden.

Es sollten folgende Zeitpunkte je Testorganismus, Prüfgegenstand und Konzentration gewählt werden:

Zeit	<i>L. variegatus</i>	<i>Ch. riparius</i>
Tag 0	2 h direkt nach Einsatz der Tiere	
Tag 1	nach Attenuation der Tiere	
Tag 14	Versuchsverlauf	
Tag 28	vor Beendigung des Versuchs	Schlupf/Einsatz der 2. Generation
Tag 42 oder <Mittel zum Versuchsende>	--	Versuchsverlauf
Tag 56 oder <Versuchsende>	--	Schlupf der Adulten der 2. Generation

Zusätzlich sollte jedwede vom Normalen abweichende Begebenheit, wie beispielsweise interessantes Verhalten wie Inaktivität, Vermeidung des Sediments oder Veränderungen im Eigelege aber auch Verfärbungen, Algenaufwuchs sowie anderweitige sichtbare Kontamination, fotodokumentarisch festgehalten werden. Die Fotodokumentation dieser Aspekte kann ergänzend zur normalen Versuchsdokumentation verwendet werden, ersetzt diese jedoch nicht. Ein ausführliches Prüfprotokoll ist in jedem Falle anzufertigen. Diese Fotodokumentationen sind Teil der Prüfberichte und sind dem zugehörigen Projektbericht als Anlagen beizufügen sowie als gesonderte Dateien dem AG zur Verfügung zu stellen. Für die Verwendung dieser Dateien ist dem AG ein unter Punkt **5.3 Nutzungsrecht** näher beschriebenes Erstveröffentlichungs- sowie Nutzungsrecht einzuräumen.

Der Zeitpunkt der Durchführung des jeweiligen Teilversuches sollte an die produktiven Phasen der zu untersuchenden Spezies angepasst sein. Von einer Versuchsdurchführung in Ruhephasen, wie beispielsweise mögliche Winter- oder Sommerruhen, ist abzusehen. Die Versuchszeiten sind vornehmlich in 2027/2028 zu planen und im Angebot aufzuzeigen. Die Versuchsreihen mit gleichen Konditionen, aber unterschiedlichem PG sollten je Testorganismus möglichst parallel durchgeführt werden. Falls nur eine serielle Durchführung möglich ist, sind die Versuchsreihen im direkten Anschluss zueinander zu planen.

Im Angebot sind die geplanten Versuchsaufbauten einschließlich der einzustellenden abiotischen Faktoren tabellarisch darzulegen und um Kurzbeschreibungen sowie einen Versuchsplan zu ergänzen.

AP 3.1 - Sediment-Wasser-Test mit *Lumbriculus variegatus* nach OECD TG 225

Die Untersuchungen der Wirkung der aus dem **AP 1.4 - Auswertung der Recherchen, Ranking** ausgewählten zwei (ggf. drei, siehe *Variante Nr. 1* in **AP 3.2 - Sediment-Wasser-Test mit *Chironomus riparius* nach OECD TG 233**) Polymere auf den Glanzwurm *Lumbriculus variegatus* (O. F. Müller, 1774) sollen mittels der aktuellen OECD TG 225³⁴ „Sediment-Water *Lumbriculus* Toxicity Test Using Spiked Sediment“ (OECD Test Guideline 225, 2007) durchgeführt werden. Die jeweiligen Spezifika zur Durchführung sind der Test Guideline 225 unter Berücksichtigung der hier beschriebenen Punkte **AP 3 a) bis e)** zu entnehmen. Falls in der Prüfvorschrift Varianten dargestellt sind oder es aus Sicht der Projektteilnehmenden nötig sein sollte, von der

Prüfvorschrift oder den Ausführungen zu den Punkten **AP 3 a)** bis **e)** abzuweichen, ist im Angebot begründet darzulegen, welche Variante bzw. Abweichung verwendet werden soll. Die finale Entscheidung dazu wird während des Auftakt- bzw. Projekttreffens getroffen.

Die Ergebnisse sind in einem übersichtlichen Datensatz (vornehmlich in einer MS Office Excel-Arbeitsmappe) zusammenzustellen und mit den Ergebnissen aus dem **AP 4 - Chemische Analysen** zu kombinieren. Die Datensätze sind Teil des jeweiligen Versuchsprotokolls, Prüfberichts sowie zugehörigen Projektberichtes und sind diesen als Anlagen beizufügen und somit dem AG zur Verfügung zu stellen. Auch werden die Datensätze Teil des zu veröffentlichenden Abschlussberichtes (siehe **5.2 Abschlussbericht** und unter Beachtung von **5.3 Nutzungsrecht**) sein.

AP 3.2 - Sediment-Wasser-Test mit *Chironomus riparius* nach OECD TG 233

Mit den Ergebnissen aus den ökotoxikologischen Tests mit *Lumbriculus variegatus* (siehe **AP 3.1 - Sediment-Wasser-Test mit *Lumbriculus variegatus* nach OECD TG 225**) zu den zwei untersuchten Prüfgegenständen ist dasjenige Polymer auszuwählen, wo ein Generations- bzw. Entwicklungseffekt zu erwarten ist.

Variante Nr. 1

Lassen die in den Lumbriculus-Versuchen erhaltenen Ergebnisse zu den beiden Polymeren die oben genannte Abschätzung nicht zu, kann ein dritter Vertreter aus den Stoffgruppen PCA bzw. PCA-Alternative sowie PVA oder PQ unter Beachtung des unter **AP 1.4** erfolgten Rankings für einen dritten Lumbriculus-Test (siehe **AP 3.1**) vorgeschlagen werden. Hierbei ist zu beachten, dass dann keine Untersuchungen mit *Chironomus riparius* anzusetzen sind und zusätzlich die unter **AP 2 - Verteilung der Polymere im künstlichen Sediment-Wasser-System** beschriebenen Untersuchungen zur Verteilung dieses dritten vorgeschlagenen Polymers sowie ebenfalls die Begleitanalytik nach **AP 4 - Chemische Analysen** zum dritten Lumbriculus-Test durchgeführt werden müssen. Zudem ist eine zusätzliche Projektbesprechung (siehe **4.1 Projektbesprechungen** und **6.1 Projektorganisation**) anzusetzen. Im Angebot ist dieses alternative Vorgehen, d. h. ohne den Chironomus-Versuch und mit drittem Polymer im Lumbriculus-Test als *Variante Nr. 1* aufzuführen.

Ob und welches Polymer für einen Chironomus-Versuch ausgewählt wird bzw. welches ggf. dritte Polymer in einem Lumbriculus-Test untersucht wird, ist eng mit dem AG in einem Projekttreffen (siehe **4.1**) abzustimmen.

Die Untersuchung der Wirkung des ausgewählten Polymers auf die Zuckmückenart *Chironomus riparius* (Meigen, 1804) soll neben den direkten Effekten auf das Individuum auch die Effekte auf die folgende Generation untersuchen. Dazu soll ein „Lebenszyklus“-Test nach der aktuellen OECD TG 233³⁵ „Sediment-Water Chironomid Life-Cycle Toxicity Test Using Spiked Water or Spiked Sediment“-Prüfvorschrift (OECD Test Guideline 233, 2010) mit beladenem Sediment durchgeführt werden. Die Versuchsreihen sollen präferentiell mit *Chironomus riparius* umgesetzt werden; alternativ kann die in der Prüfvorschrift vorgeschlagene Zuckmückenart *Chironomus yoshimatsui* (Martin & Sublette, 1972) verwendet werden. Die Mückenart ist

je nach hauseigener Zucht bzw. dem höheren Erfahrungsschatz auszuwählen und im Angebot anzugeben.

Die jeweiligen Spezifika zur Durchführung sind der OECD Test Guideline 233 unter Berücksichtigung der hier beschriebenen Punkte **AP 3 a)** bis **e)** zu entnehmen. Falls in der Guideline Varianten dargestellt sind oder es aus Sicht der Projektteilnehmenden nötig sein sollte, von der Prüfvorschrift oder den Ausführungen zu den Punkten **AP 3 a)** bis **e)** abzuweichen, ist im Angebot begründet darzulegen, welche Variante bzw. Abweichung verwendet werden soll.

Die Expositionszeit mit der Prüfsubstanz startet nach OECD TG 233 mit der Eingabe der *Chironomus*-Larven und ist für beide Generationen auf maximal je 28 Tage zu begrenzen.

Zu den unter **AP 3 e) Generelle Parameter und Endpunkte** beschriebenen generellen Parameter sind die zu erhebenden Parameter in der OECD Test Guideline 233 vermerkt. Dies sind je Versuchsreihe kategorisiert nach eingesetzter Konzentration des Prüfgegenstandes mindestens:

- die Gesamtzahl der geschlüpften Adulten (1. und 2. Generation),
- die Entwicklungsrate/Zeit bis zum Schlupf (1. und 2. Generation),
- das Geschlechterverhältnis der vollständig geschlüpften und lebenden Adulten (1. und 2. Generation),
- die Anzahl und Zeitpunkte der Eigelege pro Weibchen (nur 1. Generation) und
- die Fertilität der Eigelege (nur 1. Generation).

Die Ergebnisse sind in einem übersichtlichen Datensatz (vornehmlich in einer MS Office Excel-Arbeitsmappe) zusammenzustellen und mit den Ergebnissen aus dem **AP 4 - Chemische Analysen** zu kombinieren. Die Datensätze sind Teil des jeweiligen Versuchsprotokolls, Prüfberichts sowie zugehörigen Projektberichtes und sind diesen als Anlagen beizufügen und dem AG zur Verfügung zu stellen. Auch werden die Datensätze Teil des zu veröffentlichenden Abschlussberichtes (siehe **5.2 Abschlussbericht** und unter Beachtung von **5.3 Nutzungsrecht**) sein.

AP 4 - Chemische Analysen

Ziele:

- Vorstellung der zu verwendenden Analysemethoden für die ausgewählten PGs
- In Kombination mit **AP 1.2** und **AP 2**, Überprüfung der durch den AN ausgewählte und für den jeweiligen PG spezifische Analysemethoden
- Monitoring der Wasserparameter während der Versuchsdurchführung
- Analyse der Wasser-, Porenwasser-, Sediment- und Schwebstoffproben aus den ökotoxikologischen Tests unter **AP 3**

Aufgabenstellung:

Die aus den Versuchen des **AP 2 - Verteilung der Polymere im künstlichen Sediment-Wasser-System** und **AP 3 - Sediment-toxikologische Charakterisierung der Polymere** stammenden Matrix-Proben (Wasser, Sediment, ggf. Porenwasser und Schwebpartikel) sind auf die Gehalte der eingesetzten Polymere zu untersuchen.

Zudem sind die versuchsbegleitenden chemischen Analysen der Wasserparameter (siehe **AP 4.2 - Monitoring der Wasserparameter**) während der Verteilungsversuche aus **AP 2** und den ökotoxikologischen Versuchsreihen von **AP 3** in dem Labor durchzuführen, wo die zugehörigen Haupttests (**AP 2** und **AP 3**) durchgeführt werden. Hierbei ist sicherzustellen, dass jeweils die gleiche Methode unter gleichen Bedingungen je Testparameter verwendet wird, um eine hohe Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten. Die Analysen der Matrix-Proben (**AP 4.3 - Analyse der Matrix-Proben**) können in einem dafür spezialisierten Analytiklabor ausgeführt werden.

Bei örtlich getrennten Versuchs- und Analytiklaboren sind die Art und Weise der Probenahme und Probenvorbereitung eng untereinander abzustimmen, ein eindeutiges Labelling sicherzustellen sowie ggf. Probentransport und -lagerung zu beachten. Bei der/den geplanten Analysemethoden müssen diese Aspekte miteinander kombinierbar und aufeinander abgestimmt sein. Es ist zu beachten, dass alleinstehende Untersuchungen zu Transport- und Lagerbedingungen der Proben jedoch nicht Teil dieses Projekts sind.

Es gilt zu beachten, dass die gewonnenen Proben nur zum Zwecke der Klärung der Fragen innerhalb dieses Forschungsvorhabens zu verwenden sind. Eine weitere Verwendung ist nicht zulässig.

AP 4.1 - Analysemethode/n

Mit der Auswahl der PGs auf Grundlage des Rankings (siehe **AP 1.4 - Auswertung der Recherchen, Ranking**) und der zum jeweiligen recherchierten Analysemethoden (siehe **AP 1.2 - Umweltfunde**) soll die erfolversprechendste und im Analytiklabor durchführbare Methode je PG ausgewählt werden.

Präferentiell sollen die Probenaufbereitung und die Analytik der ausgewählten Polymere aus den Matrices Wasser, Porenwasser, Sediment und Schwebstoffe bei dem/der AN etabliert sein (siehe auch Punkt **7 Eignungskriterien**). Eine generelle Entwicklung der Analytik oder der praktische Vergleich verschiedener Analysemethoden ist nicht Teil dieses Projektes. Sind aus Sicht des/der AN jedoch kleinere Anpassungen zur Erhöhung der Erfolgchancen einer grundsätzlich bestehenden substanzspezifischen Analytik oder für eine der Matrices nötig, sind diese im Angebot darzulegen. Wird dies ggf. erst durch die Literaturrecherche (siehe **AP 1.2 - Umweltfunde**) ersichtlich, ist dies umgehend mit dem AG zu besprechen. Die Entscheidung, ob eine oder ggf. mehrere Anpassungen durchgeführt werden, wird beim gemeinsamen Auftaktgespräch bzw. in einer Projektbesprechung (siehe Punkt **4.1 Projektbesprechungen**) nach Abschluss des **AP 1.2** getroffen.

Mittels der verwendeten Analytik müssen die Prüfgegenstände innerhalb der in **AP 2 - Verteilung der Polymere im künstlichen Sediment-Wasser-System** sowie **AP 3 d) Konzentrationsstufen der Prüfsubstanz** gewählten Konzentrationsbereiche in den unterschiedlichen Matrices innerhalb der analytischen Grenzen valide nachgewiesen werden können.

Im Angebot ist im Groben die geplante Analysemethode bzw. sind die geplanten Analysemethoden, wenn sich diese je Stoffgruppe (PCAs/ ihrer Alternativen, PVAs und PQs) voneinander unterscheiden, zu beschreiben und unter Beachtung aktuell verwendeter Methoden zu bewerten. Kann eine mögliche bekannte Anpassung durch das Analytiklabor nicht gewährleistet werden, ist ebenfalls darzulegen, welche Abweichungen eine von dem/der AN durchführbare Methode im Vergleich dazu aufweist und welche Auswirkungen für das Projekt zu erwarten sind.

AP 4.2 - Monitoring der Wasserparameter

Während der Versuchsdurchführungen von **AP 3 - Sediment-toxikologische Charakterisierung der Polymere** sind gemäß den Prüfvorschriften (siehe OECD TG 225 Punkte 30 und 53 ff., OECD TG 233 Punkte 38 - 40) je Versuchsreihe Analyseansätze mit Organismenbesatz mitzuführen, bei denen die abiotischen Parameter während des Versuches überwacht werden. Dazu zählen unter anderem Wassertemperatur, Oxygenierung, pH und Stickstoffgehalt des Versuchswassers. Für die im Versuch verwendeten Zuchtkäfige (OECD TG 233) sind zusätzlich die Raumtemperatur und Luftfeuchte zu dokumentieren. Ggf. sind diese abiotischen Parameter einzustellen.

Zu den geforderten Wasserparametern ist bei jedem Kontrollzeitpunkt auch die Wasserhärte in °dH in den wässrigen Phasen zu dokumentieren. Dabei ist zu beachten, dass die Wasserhärte für dieses Forschungsprojekt ebenfalls Messgegenstand ist und demnach während des Versuches nicht nachjustiert werden soll. Dies ist u. a. auch bei pH-Justierungen zu beachten. Diese sind nicht mit Substanzen durchzuführen, die die Wasserhärte beeinflussen.

Diese Wasserparameter sind zudem vor den chemischen Analysen (siehe **AP 4.3 - Analyse der Matrix-Proben**) der jeweiligen versendeten bzw. gelagerten flüssigen Matrix-Proben aus **AP 3** und - falls nicht im Analytiklabor selbst durchgeführt - auch bei den Verteilungsversuchen (siehe **AP 2**) zu ermitteln und zu der jeweiligen Probe zu dokumentieren.

AP 4.3 - Analyse der Matrix-Proben

Unter Verwendung der unter **AP 4.1 - Analysemethode/n** ausgewählten und dementsprechend erfolgversprechendsten Analysemethode und ggf. deren geringfügigen Anpassung/en je PG sind die aus den innerhalb des **AP 2 - Verteilung der Polymere im künstlichen Sediment** und **AP 3 - Sediment-toxikologische Charakterisierung der Polymere** gewonnenen Matrix-Proben (Wasser-, ggf. Porenwasser-, Sediment- und Schwebstoffproben) auf die zuvor ausgewählten Polymere (= PG) sowie Wasserparameter (siehe **AP 4.2 - Monitoring der Wasserparameter**) zu analysieren.

Vor der Analyse der Matrix-Proben ist die reibungslose Durchführung der jeweiligen Analysemethode sicherzustellen. Ggf. sind Anpassungen aus den Probeläufen mit den Matrix-Proben

aus **AP 2** - Verteilung der Polymere im künstlichen Sediment nötig. Es ist ein Standardversuchsverfahren, eine SOP, zu erstellen und mit dieser zu arbeiten. Dabei sind die GLP-Kriterien (siehe ISO 9001) anzuwenden. Die SOP und jedwede Abweichung von dieser sind Versions-genau dem Prüfbericht beizufügen.

Bei Angeboten, bei denen zwischen Probenahme und Analyse Probenlagerung bzw. -transport angedacht bzw. nötig sind, ist sicherzustellen, dass die jeweilige Lagerungsmethode zur Probenbehandlung bzw. anschließender Analytik kompatibel ist und dass eine für die Prüfsubstanz verlust- und nahezu zerstörungsfreie Methode gewählt wird.

Der/Die AN ist angehalten, jedwede Veränderung der Analysemethode, die Auswirkungen auf insbesondere die Probenahme und ggf. die Probelagerung/den Probetransport haben kann, den Projektteilnehmenden und generell dem Auftraggeber zu kommunizieren. Dem ökotoxikologischen Prüflabor ist von dem/der AN mitzuteilen, auf welche Art die Matrix-Proben genommen, ggf. gelagert und versandt werden müssen. Die Spezifikationen und auch die Konditionen potentieller Proben Transporte bzw. Probenlagerungen sind im jeweiligen Prüfprotokoll aufzuführen.

Die Matrix-Proben sind zudem als Rückstellproben bis zum Ende des Projektes aufzubewahren.

Die Ergebnisse aus den unterschiedlichen Untersuchungen sind je Probe in einer übersichtliche Datentabelle zusammenzustellen. Es werden vornehmlich bearbeitbare MS Office-Dokumente (siehe Dokumentvorlagen unter www.umweltbundesamt.de/dokumentvorlagen) erwartet, welche in geeigneter Weise die Versuchsreihen wiedergeben. Diese Tabellen sind Bestandteil des jeweiligen zu erstellenden Prüfprotokolls je Versuchsreihe. Jede Versuchsreihe ist mit einer Kurzzusammenfassung, aufgetretener Problematiken und ggf. Lösung dieser sowie einen Ausblick auf weitere Untersuchungen zu schließen. Dies ist ebenfalls Teil des Protokolls/Prüfberichts, welches Teil des jeweiligen Berichtes (siehe Punkt **5.1 Projektberichte**) ist und zudem dem AG vorzulegen ist. Im Angebot ist ein Vorschlag einer solchen Datentabelle mit den notwendigen Kategorien darzulegen.

Die erhaltenen Ergebnisse der Begleitanalytik sind zum einen mit denen aus **AP 2** bzw. **AP 4.2** wissenschaftlich zu diskutieren und zum anderen mit den biologischen Parametern aus **AP 3** in geeigneter Weise kombiniert darzustellen, die toxikologischen Endpunkte abzuleiten und wissenschaftlich zu diskutieren. Jene Erkenntnisse sind in den Projektbesprechungen (siehe Punkt **4.1**) und zugehörigen Projektberichten sowie im Abschlussbericht (siehe **5 Berichterstattung**) zu dokumentieren und zusätzlich, wo möglich grafisch darzustellen.

4. Projektbesprechungen und Veranstaltungen

4.1 Projektbesprechungen

Projektbegleitende Besprechungen haben virtuell stattzufinden. Es ist von Seiten der Auftragnehmenden sicherzustellen, dass virtuelle Videokonferenzen durchgeführt werden können. Der Auftraggeber nutzt hierfür vornehmlich die Software „Webex by Cisco“³⁷. Der angestrebte Zeitplan für die zu planenden Projekttreffen sowie mögliche Kleingruppentreffen ist unter **6.1 Projektorganisation** aufgeführt.

Ausschließlich das Auftakttreffen als auch Seminar zur Vorstellung der Projektergebnisse werden als Präsenzveranstaltung durchgeführt.

Das halbtägige Auftakttreffen (Kick-off-Meeting) zu Projektbeginn ist als Präsenzveranstaltung in den Räumlichkeiten des/der Auftragnehmenden zu planen.

In der Endphase des Projektes sind die Ergebnisse vom Auftragnehmer/von den Auftragnehmenden im Rahmen eines Seminars im Fachbereich und anschließendem Fachgespräch im Umweltbundesamt, Standort Dessau-Roßlau, in einer halbtägigen Präsenzveranstaltung vorzustellen (siehe **4.2.2 Internes Seminar und Fachgespräch**). Sich aus dem Seminar bzw. Fachgespräch ergebende Fragen und Diskussionspunkte sind in relevanter Form in den Abschlussbericht (siehe **5.2 Abschlussbericht**) zu integrieren. Der Abschlussbericht des Projektes ist demzufolge erst nach dem Fachgespräch in finalisierter Form vorzulegen.

Die Reisekosten sind in der Kostenkalkulation gesondert auszuweisen (siehe **4.4 Reisekosten**).

Die für oder bei den Projektbesprechungen erstellten Dokumente (Präsentationen, (digitale) White Boards etc.) sind geeignet zu dokumentieren und dem jeweiligen durch den AN zu erstellenden Protokoll als Anlage/n hinzuzufügen (siehe auch **6.1 Projektorganisation**). Der Entwurf zum jeweiligen Protokoll ist innerhalb einer Woche nach dem Projekt- bzw. Kleingruppentreffen dem Auftraggeber als bearbeitbares MS Office-Dokument zur Abstimmung und schlussendlich Abnahme zu übermitteln. Inhaltliche Diskussionspunkte und Anregungen aus den Besprechungen sind in geeigneter Form in den aktuellen zugehörigen Bericht und ggf. weiteren Versuchsverlauf aufzunehmen.

4.2 Veranstaltungen

4.2.1 Externe Veranstaltungen

Die Teilnahme an externen Fachtagungen, Workshops oder weiteren Veranstaltungen wird durch dieses Projekt nicht finanziert.

Es sind die Nutzungsrechte (siehe **5.3 Nutzungsrecht**) an den Teil-/Ergebnissen zu beachten.

Ist zur Teilnahme an einer solchen Veranstaltung ein wissenschaftlicher Beitrag in Form eines Posters oder Vortrages geplant, sind die einzureichenden bzw. vorzustellenden Dokumente

³⁷ Webex by Cisco, Cisco Systems, [Cisco Webex Meetings: Videokonferenzen und Gruppennachrichten](#)

der Fachbegleitung zur Durchsicht und Zustimmung vor der Präsentation auf der jeweiligen Veranstaltung vorzulegen. In jedem Falle sind die Projektfinanzierung und die Projektpartner sichtbar auf dem Poster/den Vortragsfolien etc. darzustellen.

4.2.2 Internes Seminar und Fachgespräch

Die Ergebnisse des Projektes sind in einer circa halbtägigen internen Veranstaltung den Mitarbeitenden des Auftraggebers in den Räumlichkeiten des Umweltbundesamtes am Standort Dessau-Roßlau vorzustellen. Diese Vorstellung untergliedert sich in ein Seminarteil im Fachbereich in Form eines wissenschaftlichen Vortrages für alle Interessierte des Auftraggebers sowie einem sich anschließenden Fachgespräch für vertiefte Diskussionen. Fragen und Diskussionspunkte, die sich aus dem Vortrag bzw. Fachgespräch ergeben, sind in relevanter Form in den Abschlussbericht (siehe **5.2 Abschlussbericht**) zu integrieren.

Zum Projekttreffen im ersten Quartal 2028 (siehe **6.1 Projektorganisation**) wird dafür ein geeigneter Termin verabredet, der nach der Vorlage des Entwurfes zum Abschlussbericht, jedoch zwingend vor der Finalisierung des Abschlussberichtes liegen muss.

Die Reisekosten sind in der Kostenkalkulation gesondert auszuweisen (siehe **4.4 Reisekosten**).

4.3 Bewirtungskosten

Bewirtungskosten sind nicht zu planen.

4.4 Reisekosten

Reisekosten sind einzeln im Angebot auszuweisen (Bahnfahrt 2. Klasse bzw. bei einer Reisezeit von über 2 Stunden können auch die Reisekosten für eine Bahnfahrt 1. Klasse anerkannt werden). Bahnreisen sind immer bevorzugt zu wählen, auch wenn dadurch höhere Kosten, wie z. B. einer zusätzlichen Übernachtung, entstehen. Das Bundesreisekostengesetz (BRKG) ist zu beachten.

Bei Veranstaltungen können die Räume des Umweltbundesamtes am Standort Dessau-Roßlau kostenfrei genutzt werden. Honorare oder Reisekosten für externe Teilnehmerinnen und Teilnehmer sind hierbei nicht vorzusehen.

5. Berichterstattung

5.1 Projektberichte

Jeweils voraussichtlich im ersten und dritten Quartal (Q) des Jahres 2027 und in Q 1 2028 legt der/die AN dem AG Projektberichte zu den einzelnen Arbeitspaketen vor. Die Termine zur Übersendung der jeweiligen Berichte sind dabei so einzuplanen, dass

- a) sie mindestens zwei Wochen vor dem vereinbarten Termin zum Projekt- bzw. Kleingruppentreffen für die Projektberichte (siehe **6.1 Projektorganisation**) der Fachbegleitung des Auftraggebers vorgelegt werden,
- b) vorzugsweise abgeschlossene (Teil-) Arbeitspakete vorgestellt werden können. Dies ist im Speziellen zu forcieren, wenn deren Ergebnisse Auswirkungen auf nachfolgende (Teil-)APs haben können
und
- c) ein Abstimmungsprozess zwischen AN und AG ermöglicht wird, der mit der Abnahme des jeweiligen abgestimmten Berichts samt aller Anlagen durch die Fachbegleitung des AG beendet wird.

Die Berichte beinhalten die bisherigen Arbeiten zu den einzelnen Arbeitspaketen samt den Versuchsprotokollen, den erzielten Ergebnissen und Dokumentationen sowie einem Ausblick zum weiteren Vorgehen. Sie dienen sowohl als Gesprächs- als auch Entscheidungsgrundlage über den Fortgang des Projektes. Sie sollen zudem zusammengefasst die Grundlage für den zu veröffentlichenden Abschlussbericht (siehe **5.2 Abschlussbericht**) darstellen, wobei keiner der einzelnen Projektberichte selbst veröffentlicht wird.

Nach den Abnahmen der jeweiligen Projektberichte und Protokolle zu den zugehörigen Projekttreffen (siehe **4.1 Projektbesprechungen**), jeweils samt Anlagen, durch den AG werden diese im PDF-Format mit den zugehörigen Anlagen beim AG aktenkundig gemacht.

5.2 Abschlussbericht

Der Entwurf des Schlussberichts ist mindestens vier Monate vor Ende des Vorhabens in deutscher wie auch englischer Sprache als bearbeitbares Worddokument bei der zuständigen Fachbegleitung einzureichen. Spätestens nach vier Wochen ist dieser in einem eigens dafür ausgelegten Projekttreffen zu besprechen, während dessen auch letzte Abstimmungen für das interne Fachseminar am UBA (siehe **4.2.2 Internes Seminar und Fachgespräch**) thematisiert werden sollten.

Im Schlussbericht ist eine circa zehnsseitige-Zusammenfassung, jeweils in englischer und deutscher Sprache, zu erstellen. Die mit der Zuschlagserteilung zur Verfügung gestellte Vorlage (siehe auch www.umweltbundesamt.de/dokumentvorlagen) ist entsprechend zu nutzen.

Die sprachliche Qualitätssicherung obliegt dem/der Forschungsnehmer/in. Dies bedeutet u. a., dass sicherzustellen ist, dass durchgängig geschlechtergerechte Sprache verwendet wird. Eine nach guter Wissenschaftlicher Praxis korrekte Zitier- und Referenzierweise ist einzuhalten.

Der Abschlussbericht sowie alle darüber hinaus für die Veröffentlichung vorgesehenen potentiellen Publikationen sind gemäß den Designvorgaben des Umweltbundesamtes (Corporate Design Handbuch, Dokumentvorlagen, Diagrammvorlagen etc.) und gemäß des Behindertengleichstellungsgesetzes (BGG) barrierefrei zu gestalten.

Die Erzeugung und Bearbeitung der finalen PDF soll erst nach Freigabe der Worddatei durch die UBA-Fachbegleitung erfolgen. Je nach Art und Umfang der Inhalte ist es sehr aufwändig,

eine Veröffentlichung mit komplexen Strukturen, umfangreichen Tabellen, Fußnoten, Grafiken oder Formeln durchgängig barrierefrei zu erstellen. Es sind dafür neben konzeptionellen Vorüberlegungen viele manuelle Arbeitsschritte notwendig, die sich teilweise durch kostenpflichtige Programme vereinfachen lassen. Besteht seitens des/der Auftragnehmers/in keine oder nur wenig Erfahrung, sind für die technische Umsetzung des Endproduktes nicht nur ausreichend Zeit und Aufwand, sondern eventuell auch zusätzliche Kosten einzuplanen. Alternativ ist ein entsprechend erfahrener Dienstleister mit der Aufgabe zu betrauen. Um die Barrierefreiheit der gelieferten PDF-Dokumente nachzuweisen, sind Prüfprotokolle einzureichen, die durch die Dokumentenprüfung mit der jeweils aktuellsten Version des PDF Accessibility Checkers (PAC³⁸, als Freeware im Internet verfügbar) erzeugt wurden. Der Abschlussbericht und die sonstigen gelieferten PDF-Dokumente können erst dann abgenommen werden, wenn das Prüfprotokoll keine Fehler und Warnungen anzeigt. In der Regel muss der PAC-Prüfbericht daher mit einem grünen Häkchen als bestanden gekennzeichnet sein. Weitere Informationen und Erläuterungen finden Sie unter www.umweltbundesamt.de/dokumentvorlagen.

Die inhaltliche sowie formelle Überarbeitung des Schlussberichtes und ggf. weiterer Dokumente, die für eine Veröffentlichung vorgesehen sind, sind im Angebot zu berücksichtigen.

Der Schlussbericht ist elektronisch als Worddokument und als PDF vorzulegen.

Zusammen mit der Laufzeit (siehe **6.1 Projektorganisation**) bedingt der abgestimmte und durch den AG abgenommene Abschlussbericht das Ende dieses Forschungsprojektes.

5.3 Nutzungsrecht

Der/Die Auftragnehmer/in räumt dem Auftraggeber gemäß § 31 Urheberrechtsgesetz (UrhG) unter Ausschluss der Vorbehalte des § 37 UrhG ein unwiderrufliches, unentgeltliches und nichtausschließliches Nutzungsrecht am Ergebnis und allen Teilergebnissen ein. Weiterhin wird dem Umweltbundesamt (Auftraggeber) das Erst-Veröffentlichungsrecht nach den §§ 6 und 12 UrhG eingeräumt.

Für Berichte, die Grafiken und Bilder enthalten, und die während der Versuchsreihen entstehenden Bilder (siehe u. a. **AP 3 e) Generelle Parameter und Endpunkte**) ist die Erklärung erforderlich, dass die Nutzung der Grafiken und Bilder dem AG frei steht, honorarfrei ist und keine weiteren Kosten für Rechte Dritter entstehen.

5.4 Potentielle peer-reviewed Veröffentlichung

Der Auftraggeber weist ausdrücklich darauf hin, dass es im Interesse des Auftraggebers ist, die in dem Projekt gewonnenen Ergebnisse über den Abschlussbericht hinaus öffentlich zugänglich zu machen. Es wird daher vom Umweltbundesamt angestrebt, diese eigenständig in geeigneter Form als Publikation bei wissenschaftlichen Zeitschriften im „Peer Review“-Verfah-

³⁸ [PDF Accessibility Checker \(PAC\) 2021 - PDF/UA Foundation \(pdfua.foundation\)](https://www.pdfua.org/), Freeware, siehe auch im [Handbuch zur Erstellung barrierefreier PDF-Dokumente nach dem PDF/UA-Standard \(bmuv.de\)](https://www.bmu.de/de/Handbuch-zur-Erstellung-barrierefreier-PDF-Dokumente-nach-dem-PDF-UA-Standard) unter <https://www.bmuv.de/service/benutzerhinweise/barrierefreiheit/barrierefreie-publikationen-fuer-das-bmuv>

ren zu publizieren. Diese durch den AG angestrebte Publikation ist zeitlich nicht an den Abschluss dieses Forschungsprojektes gebunden. Das Projektende wird durch den abgestimmten und durch den AG abgenommen Abschlussbericht (siehe **5.2 Abschlussbericht**) bzw. der Laufzeit (siehe **6.1 Projektorganisation**) bestimmt.

Auf eigenen Wunsch kann der/die AN zur Erstellung der Publikation in einem Fachjournal direkt eingebunden werden. Ist dies seitens des/der AN gewünscht, ist eine vom Budget dieses Forschungsvorhabens unabhängige eigenständige Finanzierung der am Manuskript Beteiligten zu gewährleisten sowie eine geeignete Kostenteilung der Publikationskosten zu finden. Der AG behält sich vor, den/die AN an der Erstellung dieser Publikation zu beteiligen. Es wird jedoch versichert, dass bei einer Publikation die Nennung des/der ANs erfolgt.

6. Projektorganisation und Kostendarstellung

6.1 Projektorganisation

Das Vorhaben beginnt unmittelbar nach Zuschlagserteilung. Die Laufzeit des Vorhabens beträgt 31 Monate.

Die Arbeiten sind in enger Abstimmung und Rückkopplung mit dem Auftraggeber (Fachseite) zu erledigen.

Der/Die Auftragnehmer/in hat für die gesamte Dauer des Vorhabens eine/n Ansprechpartner/in für das Gesamtvorhaben zu benennen. Zudem ist eine Vertretung zu benennen, die diese Aufgaben in Abwesenheit dieser Person übernimmt.

Das Angebot ist mit einem angestrebten Zeitplan mit Meilensteinsetzung zu versehen, aus dem die Aktivitäten und die Darstellung des Zeitaufwandes in Arbeitstagen (Personenmonate) zur Bearbeitung pro Arbeitspaket und ggf. der Anteil der eingebundenen Projektpartner/innen detailliert hervorgehen. Weiterhin ist eine umfängliche Kostenkalkulation gegliedert nach Kostenarten (einschließlich Sach-, Personal- und ggf. Reisekosten; siehe auch **6.2 Kostendarstellung**) hinzuzufügen.

In dem vorzuschlagenden Zeitplan sind die unter Punkt **4 Projektbesprechungen und Veranstaltungen** und Punkt **5 Berichterstattung** angegebenen Meilensteine zu inkludieren. Der im Leistungsangebot dargestellte Vorschlag zum Zeitplan wird zum Kick-off-Meeting finalisierend abgesprochen. Es wird erwartet, dass alle Projektpartner/innen den gemeinsam abgestimmten Zeitplan einhalten. Absehbare Verzögerungen sind umgehend der Fachbegleitung des Auftraggebers mitzuteilen.

Das Kick-off-Meeting hat in den ersten beiden Wochen nach Projektbeginn als halbtägige Präsenzveranstaltung vornehmlich in den Räumlichkeiten des/der Auftragnehmenden stattzufinden. Der Termin wird zwischen der Fachseite des Auftraggebers und dem/der benannten Ansprechpartner/in und ggf. ihrer/seiner Vertretung vereinbart. Die Terminfindung ist vom AN

zu initiieren, sobald die Zuschlagserteilung erfolgt ist. Es wird erwartet, dass alle Projektteilnehmenden die Teilnahme am Kick-off-Meeting ermöglichen. Begründete Abwesenheiten sind jeweils durch funktionale Vertretungen zu kompensieren.

Weiterhin sind Projekttreffen mit den Projektteilnehmenden zu den jeweils aktuellen APs mindestens im ersten und dritten Quartal (Q) 2027 sowie in Q 2 und Q 4 in 2028 per Videokonferenz einzuplanen, um den Fortgang und mögliche Herausforderungen lösungsorientiert zu diskutieren. Wird die insbesondere unter **AP 3 - Sediment-toxikologische Charakterisierung der Polymere** beschriebene *Variante Nr. 1* für die experimentellen Arbeiten ausgewählt, ist zu diesen ein weiteres Projekttreffen in Q 3 2028 anzusetzen.

Zu diesen Terminen sind die Projektberichte (siehe **5.1 Projektberichte**.) bzw. der Abschlussbericht (siehe **5.2 Abschlussbericht**) vorzubereiten, die mindestens zwei bzw. vier Wochen vor der Terminierung im Entwurfsstatus der Fachbegleitung des Auftraggebers vorzuliegen haben.

Als Vorschlag zur zeitlichen Orientierung sollten die Vorlagen und zugehörigen Inhalte wie in **Tabelle 1** organisiert sein. Diese Anregung sollte durch den AN im Angebot im zu erstellenden Zeitplan zumindest beachtet werden.

Tabelle 1: Vorschlag zur Meilensteinsetzung (vrsl. – voraussichtlich)

Zeit	Meilenstein	Inhalt
1-2 Wochen nach Projektbeginn, vrsl. Q 4 2026	Auftaktgespräch	Kennenlernen der Projektteilnehmenden Absprachen zum allgemeinen Vorgehen
vrsl. Beginn Q 1 2027	Projektbericht 1	Vorlage Projektbericht 1 Präsentation der Ergebnisse der Recherchen bzw. des abgeleiteten Rankings mit den Vorschlägen der zu testenden Polymere (AP 1 - Recherchen zu PCAs/PCA-Alternativen, PVA und PQs mit anschließendem Ranking) Vorschläge für das weitere Vorgehen hinsichtlich der Verteilungsversuche (AP 2 - Verteilung der Polymere im künstlichen Sediment-Wasser-System) und ökotoxikologischen Prüfungen (AP 3 - Sediment-toxikologische Charakterisierung der Polymere)
vrsl. Q 3 2027	Projektbericht 2	Vorlage Projektbericht 2 Präsentation der Ergebnisse AP 2 und zugehöriger Analytik nach AP 4 - Chemische Analysen Diskussion der Ergebnisse und Fortgang des Projektes
vrsl. Q 2 2028	Projektbericht 3	Vorlage Projektbericht 3 Präsentation der Ergebnisse AP 3.1 - Sediment-Wasser-Test mit <i>Lumbriculus variegatus</i> nach OECD TG 225 und zugehöriger Analytik nach AP 4 Diskussion der Ergebnisse und Fortgang des Projektes

Zeit	Meilenstein	Inhalt
vrsl. Q 3 2028	Bei Variante Nr. 1: Projekttreffen	Bei Variante Nr. 1: Präsentation der Ergebnisse des 3. Polymers bei AP 2 und zugehöriger Analytik nach AP 4 Diskussion der Ergebnisse und Fortgang des Projektes
vrsl. Q 4 2028	Projekttreffen	Präsentation der Ergebnisse AP 3.1 - Sediment-Wasser-Test mit Lumbriculus variegatus nach OECD TG 225 und zugehöriger Analytik nach AP 4 Bei Variante Nr. 1: Präsentation der Ergebnisse des 3. Polymers bei AP 3.1 und zugehöriger Analytik nach AP 4 Diskussion der Ergebnisse und Fortgang des Projektes
4 Monate vor Projektende	Vorlage Entwurf des Abschlussberichts / Projekttreffen	Vorlage und Besprechung des Abschlussberichts (5.2 Abschlussbericht) Abstimmung Fachgespräch (siehe 4.2.2 Internes Seminar und Fachgespräch)
3 Monate vor Projektende	Seminar und Fach- gespräch	Projekt-Vortrag des AN am UBA (siehe 4.2.2 Internes Seminar und Fachgespräch)
1 Monat vor Projektende	Vorlage des Ab- schlussberichts	Besprechung zur Finalisierung des Abschlussberichts Vorlage des inhaltlich finalen Abschlussberichts zur Durch- führung der formalen Prüfungen

Zu den Projekttreffen werden informative Kurzpräsentationen zu den Ergebnissen bzw. Vorschläge zum Fortgang des Projektes erwartet. Diese sollten die tabellarischen und grafischen Aufbereitungen der Ergebnisse aus dem jeweiligen Berichtsentwurf als Diskussionsgrundlage enthalten. Aus dem Projekttreffen diskutierte mögliche und/oder notwendige Anpassungen in diesen Darstellungen sind während des folgenden Abstimmungsprozesses im jeweiligen Bericht einzufügen.

Es wird empfohlen, sowohl in den Planungsphasen der experimentellen Untersuchungen als auch in den Abstimmungsphasen der jeweiligen Berichte im engen Austausch mit der Fachseite des AGs zu stehen. Dazu können weitere dem Fortgang der jeweiligen APs angepasste Videokonferenzen in beispielsweise Kleingruppentreffen eingeplant werden, um spezifische Herausforderungen einzelner Aufgaben bzw. Arbeitspakete zu besprechen. Diese Gespräche können anlassbezogen durch AN und AG vereinbart oder auch als regelmäßige Treffen konzipiert werden, welche dann zum Auftaktgespräch vereinbart werden sollten.

Ergeben sich im Verlauf des Projektes neue wissenschaftliche Erkenntnisse, die den in diesem Projekt untersuchten Bereich in direkter oder indirekter Weise betreffen, so sind diese in relevantem Umfang bei der theoretischen und praktischen Arbeit zu berücksichtigen.

Vereinbarungen, die in den oben genannten Terminen wie auch in allen weiteren Absprachen, unabhängig ob telefonisch, per Videokonferenz oder in Präsenz, getroffen werden, müssen durch den/die AN protokollarisch festgeschrieben und dem Auftraggeber zur Kommentierung

und Abstimmung zur Verfügung gestellt werden. Auch die zum oder während des Austausches erstellten Dokumente, wie beispielsweise die oben genannten Kurzpräsentationen, sind geeignet zu dokumentieren und dem Protokoll als Anlage/n hinzuzufügen. Ein abgestimmtes, finalisiertes Protokoll im PDF-Format wird den Projektteilnehmenden durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

6.2 Kostendarstellung

Für die Kalkulation wird darauf hingewiesen, dass der Bearbeitungszeitraum nicht dem tatsächlichen Arbeitsaufwand entspricht, sondern auch Zeiten einschließt, in der die Bearbeitung des Vorhabens ruhen kann.

Die Arbeiten sollen orientierungsmäßig so auf die Laufzeit verteilt werden, dass von der Gesamtsumme folgende Anteile zu kalkulieren sind:

- im Jahr 2026 ca. 5 %,
- im Jahr 2027 ca. 35 %,
- im Jahr 2028 ca. 45 % und
- im Jahr 2029 ca. 15 %.

Die Vergütung wird nach Leistungsfortschritt auf Anforderung gezahlt. Teilzahlungen werden zeitlich an die Vorlage und ggf. Abnahme der Projektberichte (siehe **5.1 Projektberichte**) bzw. Abnahme der Protokolle zu den Projekttreffen, die zusätzlich zu den Vorstellungen der Projektberichte anzusetzen sind (siehe **4.1 Projektbesprechungen** und **6.1 Projektorganisation**), gekoppelt. Die Schlusszahlung erfolgt nach Vorlage und Abnahme der endgültigen Fassung des Abschlussberichtes.

Das Angebot ist mit einem detaillierten Zeitplan zu versehen (siehe dazu **6.1**).

Die voraussichtlichen Kosten/Ausgaben der einzelnen Positionen sind durch ein transparentes Preis- und Mengengerüst für Personal- und Sachkosten, ggf. Reisekosten, darzustellen.

Bei Anbietergemeinschaften müssen die Mengen/Kosten einzelner Kooperationspartner/-innen den entsprechenden Leistungen so dargestellt werden, dass eine Zuordnung und Bewertung der Mengen/Kosten zu den jeweiligen Arbeitspaketen ermöglicht wird.

Die Kalkulation ist mit Nettobeträgen durchzuführen. Der Gesamtpreis des Angebots ist jeweils als Nettogesamtkosten und Bruttogesamtkosten aufzuführen. Der in Ansatz gebrachte Mehrwertsteuersatz ist gesondert auszuweisen. Hierfür ist das den Vergabeunterlagen beigelegte Preisblatt zu verwenden.

Über die Basisvariante hinausgehende anfallende zusätzliche Leistungen für die *Variante Nr. 1* sind getrennt von der generellen Angebotskalkulation aufzuführen. Nicht durchgeführte Leistungen/Kosten der Basisvariante sind bei der Kalkulation der zusätzlichen Kosten der alternativen *Variante Nr. 1* dementsprechend zu berücksichtigen.

7. Eignungskriterien

Für die Durchführung des Vorhabens ist eine hohe Fachkunde, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit erforderlich.

Die Qualifikation der/der Anbieter/in und gegebenenfalls von Kooperationspartner/innen sind durch die Angabe von nachprüfbaren Referenzen bzw. in Form von Eigenerklärungen nachzuweisen. Abhängig von der Verteilung der Bearbeitung der Arbeitspakete sind je Themenfeld und Projektpartner/in mindestens fünf geeignete Referenzen einzureichen, die nicht älter als 10 Jahre sind und die folgenden Kompetenzen und Erfahrungen darlegen:

- Fachkunde über Polycarboxylate und deren Alternativen, Polyvinylalkohole wie auch Polyquaternium-Verbindungen, deren Anwendungen sowie soweit bekannt deren Wirkungen auf Umwelt und Organismen,
- praktische Erfahrungen und Kenntnisse zur für die Aufgabenstellungen relevanten Umweltanalytik, bevorzugt in der chemischen Analytik von adsorbierenden Substanzen,
- Darstellung der technischen Ausstattung des Labors zur Durchführbarkeit der für die Aufgabenstellungen relevanten Analytik mit Wasser-, Porenwasser-, Sediment- und Schwebstoffproben,
- Fachkunde im Umgang mit Versuchstieren, im Speziellen praktische Erfahrungen und Kenntnisse in der Durchführung von ökotoxikologischen Prüfungen mit Sedimentorganismen,
- wissenschaftliche Kenntnisse und praktische Erfahrungen auf dem Gebiet der statistischen Auswertung von Ergebnissen.

Geeignete Referenzen für die Bewertung der fachlichen Kompetenz sind zum Beispiel:

- einschlägige erfolgreich abgeschlossene nationale und/oder internationale Projekte,
- Veröffentlichungen zum Thema in internationalen oder nationalen Fachzeitschriften mit Peer-Review-Verfahren,
- Mitarbeit in oder Organisation von Forschungsvorhaben auf nationaler oder internationaler Ebene zum Thema,
- Mitarbeit in Gremien auf nationaler oder internationaler Ebene zum Thema,
- sonstige Aktivitäten wie die Teilnahme an Konferenzen/Fachmessen mit eigenem Beitrag/Messestand oder das Mitwirken an der Erstellung von Prüfvorschriften.

Zudem ist eine kurze Vorstellung der am Vorhaben beteiligten Institutionen und natürlichen Personen sowie der von ihnen im Rahmen des Forschungsvorhabens wahrgenommenen Aufgabe/n unter Benennung des Bearbeiters/der Bearbeiterin einschließlich seiner/ihrer fachlicher Qualifikation zu inkludieren.

Werden innerhalb des Projektes Abschlussarbeiten und/oder Graduierungen von einzelnen Projektteilnehmenden angestrebt, ist das Projektteilnehmenden-Betreuenden-Verhältnis mit mindestens einem Lehrkörper und der jeweiligen Bildungsstätte vorab zu klären. Der/Die potentiell Betreuende hat zusätzlich seine/ihre Lehrtätigkeit nachzuweisen.

Die Zuverlässigkeit ist durch Unterzeichnung der beigegefügtten Eigenerklärung zu bestätigen.

Der/Die Anbieter/in bestätigt mit Abgabe ihres Angebotes, dass über die erforderliche personelle, organisatorische und technische Leistungsfähigkeit verfügt wird, um das Vorhaben vertragsgemäß bearbeiten zu können. Es ist darzulegen, dass sowohl das notwendige Equipment, die Räumlichkeiten wie auch Lagerräume zur problem- und störungsfreien Durchführung der Vorrecherchen, der ökotoxikologischen Testungen sowie der Umwelt- bzw. chemischen Analytik vorhanden sind.

Die ausführenden Prüf- und Analytik-Laboratorien müssen zusätzlich über ein Dokumentations- und Qualitätsmanagementsystem verfügen. Dies kann über eine zum Projekt passende gültige Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025, einer gültigen Zertifizierung nach ISO 9001, Guter Laborpraxis (GLP) oder inhaltlich Vergleichbares nachgewiesen werden. Das Arbeiten nach Guter Wissenschaftlicher Praxis wird vorausgesetzt.

8. Zuschlagskriterien

Alle Angebote, die den Bewerbungs- und Vertragsbedingungen entsprechen und preislich angemessen sind, werden abschließend vergleichend bewertet.

Der Zuschlag wird aufgrund des besten Preis-Leistungsverhältnisses erteilt. Angebote von geeigneten Bietenden, deren Angebote inhaltlich vollständig und die notwendigen Nachweise der Fachkunde (siehe **7 Eignungskriterien**) aufführen, werden anhand folgender Kriterien bewertet:

a) Qualität

Tabelle 2: Zuschlagskriterien für die Wertung der Angebote

Nr.	Zuschlagskriterien	maximale Punktzahl		Mindestpunktzahl	
		je AP 1 - 4	insgesamt	je AP 1 - 4	insgesamt
Z1	Aufgabenverständnis, Plausibilität und inhaltliche Bearbeitungstiefe des Angebots	10	40	6	24
Z2	Nachvollziehbarkeit, Eignung und wissenschaftliche Qualität der dargestellten Vorgehensweisen und Problemlösungsstrategien für die einzelnen Arbeitspakete	10	40	6	24
Z3	Erkennbarkeit einer erfolgversprechenden Arbeitsplanung hinsichtlich Funktion und Aufgaben der Projektbeteiligten	5	20	3	12
Gesamtsumme		100		60	

Ein Nichterreichen der Mindestpunktzahl bei mindestens einem Unterkriterium führt zum Ausschluss des Angebots aus der weiteren Wertung.

b) Preis

Der Angebotsbruttopreis wird durch die jeweils erreichte Qualitätspunktzahl dividiert, falls die erforderliche Mindestpunktzahl erreicht wurde. Der so ermittelte Punktpreis wird auf volle Beträge mathematisch auf- bzw. abgerundet.

Das Angebot mit dem niedrigsten Punktpreis erhält den Zuschlag.

9. Literaturverzeichnis

- Behler, A. (2005). *Polycarboxylate, RD-16-03136*. (Georg Thieme Verlag, Herausgeber, & Thieme Gruppe) Abgerufen am 22. Februar 2024 von Römpp Online Datenbank:
<https://roempp.thieme.de/lexicon/RD-16-03136>
- Byrne, D., Boeije, G., Croft, I., Hüttman, G., Luijkx, G., Meier, F., . . ., Stijntjes, G. (2021). Biodegradability of Polyvinyl Alcohol Based Film Used for Liquid Detergent Capsules: Biologische Abbaubarkeit der für Flüssigwaschmittelkapseln verwendeten Folie auf Polyvinylalkoholbasis. *Tenside Surfactants Detergents*, 58(2), S. 88-96.
doi:<https://doi.org/10.1515/tsd-2020-2326>
- Chiellini, E., Corti, A., D'Antone, S., & Solaro, R. (2003). Biodegradation of poly (vinyl alcohol) based materials. *Progress in Polymer Science*, 963-10114. doi:10.1016/S0079-6700(02)00149-1
- Cumming, J., Hawker, D., Chapman, H., & Nugent, K. (März 2011). The Fate of Polymeric Quaternary Ammonium Salts from Cosmetics in Wastewater Treatment Plants. (S. S. 2010, Hrsg.) *Water Air Soil Pollution*(216), S. 441–450. doi:10.1007/s11270-010-0543-5
- Duis, K., Junker, T., & Coors, A. (2021, February 16). Environmental fate and effects of water-soluble synthetic organic polymers used in cosmetic products. *Environmental Science Europe*, 33, 21. doi:10.1186/s12302-021-00466-2
- DVGW e. V. (2023). *Verbraucherinformationen "Wasserhärte"*. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW e. V.). Abgerufen am 12. März 2023 von
<https://www.dvgw.de/themen/wasser/verbraucherinformationen/wasserhaerte/>
- ECETOC JACC No. 23. (1993). *Joint Assessment of Commodity Chemicals Report (JACC) No. 23 on polycarboxylate polymers as used in detergents*. Brussels, Belgium,.
- ECETOC TR No. 133-3. (2021). *Case Studies Putting the ECETOC Conceptual Framework for Polymer Risk Assessment (CF4Polymers) into Practice*. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECETOC). Belgium, Brussels: ECETOC AISBL. Von
<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/tsd-1987-240620/pdf> abgerufen

- Groß, R., Bunke, D., Moch, K., & Leisewitz, A. (2012). *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*. Öko-Institut e.V., Freiburg; Öko-Recherche GmbH, Frankfurt/M. Im Auftrag des Umweltbundesamtes (UFOPLAN FKZ 3709 65 430). Abgerufen am im Januar 2023 von https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3709_65_430_wasch_und_reinigungsmittel_bf.pdf
- HERA. (2009). *Human and Environmental Risk Assessment (HERA) on ingredients of European household cleaning products. Polycarboxylates used in detergents*. Version 2.0.
- HERA. (2014 a). *Human and Environmental Risk Assessment (HERA) on ingredients of European household cleaning products. Polycarboxylates used in detergents (Part I). Polyacrylic acid homopolymers and their sodium salts (CAS 9003-04-7)*. Version 3.0. Von https://www.heraproject.com/files/HERA_P-AA_final_v3_23012014.pdf abgerufen
- HERA. (2014 b). *Human and Environmental Risk Assessment (HERA) on ingredients of European household cleaning products. Polycarboxylates used in detergents (Part II). Polyacrylic acid/maleic acid copolymers and their sodium salts (CAS 52255-49-9)*. Version 3.0. Von https://www.heraproject.com/files/HERA_P-AAMA_final_v3_03032014.pdf abgerufen
- IKW-Bericht. (2023). *Nachhaltigkeit in der Wasch-, Pflege- und Reinigungsmittelbranche in Deutschland Ausgabe 2023*. Bereich Haushaltspflege. Frankfurt am Main: Industrierverband Körperpflege- und Waschmittel e. V. (IKW). Abgerufen am Februar 2024 von https://www.ikw.org/fileadmin/IKW_Dateien/downloads/Haushaltspflege/2023_IKW_Nachhaltigkeitsbericht.pdf
- Mondellini, S., Schott, M., Löder, M. G., Agarwal, S., Greiner, A., & Laforsch, C. (25. Juli 2022). Beyond microplastics: Water soluble synthetic polymers exert sublethal adverse effects in the freshwater cladoceran *Daphnia magna*. (E. B.V., Hrsg.) *Science of the Total Environment*(847), S. 1-10. Von <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157608> abgerufen
- OECD Test Guideline 225. (16. Oktober 2007). *OECD Test No. 225: Sediment-Water Lumbriculus Toxicity Test Using Spiked Sediment | OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2: Effects on Biotic Systems*. OECD iLibrary (oecd-ilibrary.org): OECD. Abgerufen am im August 2022 von https://www.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-225-sediment-water-lumbriculus-toxicity-test-using-spiked-sediment_9789264067356-en
- OECD Test Guideline 233. (22. Juli 2010). *OECD Test No. 233: Sediment-Water Chironomid Life-Cycle Toxicity Test Using Spiked Water or Spiked Sediment | OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2: Effects on Biotic Systems*. OECD iLibrary (oecd-ilibrary.org): OECD. Abgerufen am im Februar 2023 von <https://www.oecd.org/env/test-no-233-sediment-water-chironomid-life-cycle-toxicity-test-using-spiked-water-or-spiked-sediment-9789264090910-en.htm>
- P&G. (27. April 2023 a). *EPA-HQ-OPPT-2022-0923-0046: Aquatic Toxicity of PVOH 18-88 to *Raphidocelis subcapitata**. (U.S. Environmental Protection Agency, Hrsg.) Abgerufen im September 2025 von <https://www.regulations.gov/document/EPA-HQ-OPPT-2022-0923-0046>

- P&G. (27. April 2023 b). *EPA-HQ-OPPT-2022-0923-0047: Aquatic Toxicity of PVOH 18-88 in a 96-hr Fish Embryo Acute Toxicity (FET) toxicity test following OECD 236 guidelines*. (U.S. Environmental Protection Agency, Hrsg.) Abgerufen im September 2025 von <https://www.regulations.gov/document/EPA-HQ-OPPT-2022-0923-0047>
- P&G. (27. April 2023 c). *EPA-HQ-OPPT-2022-0923-0040: Aquatic Toxicity of PVOH 18-88 to Daphnia magna*. (U.S. Environmental Protection Agency, Hrsg.) Abgerufen im September 2025 von <https://www.regulations.gov/document/EPA-HQ-OPPT-2022-0923-0040>
- UBA-Texte 143/2022. (2022). *Datenerhebung zu Verwendungen, Zusammensetzung und Umwelteigenschaften von Polyquaternium-Verbindungen*. Umweltbundesamt. Von <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/datenerhebung-zu-verwendungen-zusammensetzung> abgerufen
- UFZ Leipzig. (2008). *FKZ 360 02 013: Literaturrecherche zum Umweltverhalten von Polycarboxylaten*. Umweltforschungszentrum Leipzig. UBA.
- Wagner, G. (2017). *Waschmittel - Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit* (5. Auflage Ausg.). Weinheim, Deutschland: Wiley VHC Verlag GmbH & Ca. KGaA.