

INHALT		Seite
Text		
1	Anlass- und Aufgabenstellung	1
2	Verwendete Unterlagen	2
3	Auswahl der Leitparameter	6
4	Ermittlung der Emissionsraten aus dem Betrieb	12
4.1	Tausalzeinsatz	12
4.2	Schwermetalle	13
4.3	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	17
5	Vorbelastung im Ist-Zustand	20
6	Ergebnisse der Mischungsberechnungen	21
6.1	Ergebnisse für die Parameter Chlorid und Cyanid	26
6.2	Ergebnisse für den Parameter Blei	26
6.3	Ergebnisse für die Parameter Kupfer und Zink	27
6.4	Ergebnisse für den Parameter Cadmium	29
6.5	Ergebnisse für den Parameter Nickel	30
6.6	Ergebnisse für den Parameter Naphthalin	31
6.7	Ergebnisse für den Parameter Benzo(a)pyren	31
7	Bewertung	34
Tabellen		
Tab. 1:	Liste der in der OGewV genannten und aus dem Betrieb der KFZ zu erwartenden Stoffe	6
Tab. 2:	Zu erwartende Emissionen der Leitparameter in der Autobahntwässerung	19
Tab. 3:	Vorbelastung im Gewässersystem	20

I N H A L T	S e i t e
Abbildungen	
Abb. 1: Prinzipskizze der Autobahntwässerung über Mulde und Randgraben	24
Abb. 2: Schema des Entwässerungssystems mit Regenrückhaltebecken	25
Anlagen	
Anl. 1: Lageplan der Probenahme- und Einleitstellen	
Dokumentation	
Dok. 1: Ergebnisse der hydraulischen Mischrechnungen (verändert nach OBERMEYER PLANEN + BERATEN GmbH (2017)	
Dok. 2: Ergebnisse der Prognosen zu den Sickerpassagen	

1 Anlass- und Aufgabenstellung

Im Rahmen der Planungen der BAB 20 in Schleswig-Holstein ist für die Erstellung eines Fachbeitrages Wasser hinsichtlich der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) unter anderem die Prognose der zukünftigen Stoffbelastung in den Oberflächengewässern aufgrund des Autobahnbetriebes erforderlich.

In diesem Zusammenhang wurde die BWS GmbH von dem Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein beauftragt, die Prognosen zum Tunnelabschnitt durchzuführen und die Ergebnisse zu bewerten. Für die Prognosen werden die Stoffemissionen aus dem KFZ-Betrieb auf die Fahrbahnoberfläche sowie die Verfrachtung dieser Stoffe über das Entwässerungssystem in die Gewässer betrachtet (Wirkungspfad: KFZ – Niederschlagswasserabfluss von der Fahrbahn – Eintrag in das Gewässer). Hierfür werden so genannte Leitparameter ausgewählt, die die relevanten Stoffgruppen repräsentieren. Anhand dieser Leitparameter werden die Prognosen durchgeführt.

Mit dem vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Prognosen vorgestellt.

2 Verwendete Unterlagen

- [1] Baumann, W., & Ismeier, M. (1998):
Kautschuk und Gummi 1. Berlin: Springer Verlag.
- [2] Baumann, W., & Ismeier, M. (1998a):
Kautschuk und Gummi 2. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- [3] Baumann, W., & Ismeier, M. (1998b):
Emissionen beim bestimmungsgemäßen Gebrauch von Reifen.
- [4] BLIC, B. d. (2001):
Life cycle Assessment of an average European car tyre. Hanau: BLIC.
- [5] Boller, M. (2000):
Schadstoffe und Stoffflüsse im Straßenbereich. Praktischer Umweltschutz Schweiz, 4-5.
- [6] Breuer, B., & Bill, K. (2006):
Bremsenhandbuch Grundlagen, Komponenten, Systeme, Fahrdynamik. Wiesbaden: Vieweg Verlag.
- [7] Brod, H.-G. (1993):
Langzeitwirkung von Streusalz auf die Umwelt. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- [8] Brod, H.-G. (1995):
Risiko-Abschätzung für den Einsatz von Tausalzen. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- [9] Bundesinstitut für Risikobewertung (2010):
Stellungnahme Nr. 032/2010 vom 26. Juli 2010
- [10] BWS GmbH (2016):
Neubau der A20 - Abschnitt von der Landesgrenze NI/SH bis zur A23.
Transportberechnungen zum Chloridaustrag aus der Entwässerung des Autobahndamms.

- [11] BWS GmbH (2017):
Neubau der A20 - Untersuchungskonzept zur Bestandsuntersuchung der Gewässer für die Beurteilung des phys.-chem. Zustandes als Grundlage für einen Fachbeitrag zur Wasserrahmenrichtlinie.
- [12] CARB, C. E. (1993):
Methodology for estimating emissions from on-road motor vehicles. Kalifornien: CARB.
- [13] Desaulles, A. (1992):
Bodenverschmutzung durch den Straßen- und Schienenverkehr in der Schweiz. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaftsbau.
- [14] Gebbe, M., & Hartung (1997):
Quantifizierung des Reifenabriebs von Kraftfahrzeugen in Berlin. Berlin: Institut für Straßen- und Schienenverkehr TU Berlin.
- [15] Hürlimann, J., Fässler, S., Gerhardt, A., Steiner, M., Wyss, S. (2011):
Straßenabwasser in der Schweiz – Literaturarbeit und Situationsanalyse Schweiz hinsichtlich gewässerökologischer Auswirkungen (Immissionen).
- [16] Hillenbrand, T., Toussaint, D., & Böhm, E. (2005):
Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden - Analyse der Emissionspfade und möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen. Dessau: Umweltbundesamt.
- [17] Kasting, U. (2002):
Reinigungsleistung von zentralen Anlagen zur Behandlung von Abflüssen stark befahrener Straßen. Dissertation Universität Kaiserslautern D 386.
- [18] Kocher, B., Brose, S., Feix, J., Görg, C., Peters, A., & Schenker, K. (2010):
Stoffeinträge in den Straßenseitenraum - Reifenabrieb. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- [19] Krömer, S., Kreipe, E., Reichenbach, D., & Stark, R. (1999):
Produkt-Ökobilanz eines PKW-Reifens. Hannover: Continental AG.
- [20] LAWA-AO (2016):
Technische Anleitung zur Oberflächengewässerverordnung, Arbeitspapier 2, Berücksichtigung der Bioverfügbarkeit bei der Beurteilung von Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen von Blei und Nickel.

- [21] Mansfeld, T., Rennert, T., & Goetzfried, F. (2011):
Eisencyankomplex-Gehalte in nordrheinwestfälischen Straßenrandböden nach dem
schneereichen Winter 2009/10. Straße und Autobahn, 62, 389-393.
- [22] Muschak, W. (1989):
Straßenoberflächenwasser - eine diffuse Quelle der Gewässerbelastung. Vom Wasser
(72), 267-282.
- [23] OBERMEYER PLANEN + BERATEN GmbH (2017):
Abschätzung zur Veränderung der mittleren Chlorid- und Cyanidgehalte in den angren-
zenden Gewässern infolge des Streusalzeinsatzes auf der A 20 (A20-Abschnitt Lan-
desgrenze Niedersachsen / Schleswig-Holstein bis B 431).
- [24] ÖKO-Test. (2002):
Ausgebremst.
- [25] Pirelli. (2002):
Environmental impact of tyres during use. Pirelli Reifenwerke.
- [26] Rauterberg-Wulff, A. (1998):
Beitrag des Reifen- und Bremsenabriebs zur Rußemission an Straßen. Fortschritt
Berichte VDI.
- [27] Stachel, B., Tegge, K.-T., & Jantzen, E. (2007):
Schadstoffe in Hamburger Autobahnabwässern und ihre Einschätzung unter
Berücksichtigung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL). Straße und Autobahn,
326-333.
- [28] Stechmann, H. (1993):
Charakterisierung kraftfahrzeugspezifischer partikelförmiger Emissionen und
Quantifizierung ihrer Beiträge zu Aerosolen und Gewässerverunreinigungen. Hamburg:
Universität Hamburg.
- [29] Tegethof, U. (1998):
Straßenseitige Belastungen des Grundwassers. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für
Straßenwesen.
- [30] Uexküll, O., Skerfving, S., & Braungart, M. (2005):
Antimony in brake pads - a carcinogenic component? Journal of Cleaner Production,
19-31.

[31] Westerlund, K. (2001):

Metal emissions from Stockholm traffic - wear of brake linings. Stockholm: Stockholm Environment and Health Protection Administration.

3 Auswahl der Leitparameter

Die in der Oberflächengewässerverordnung OGewV genannten und aus dem Betrieb der Autobahn erwarteten Stoffe sind in Tab. 1 mit der Verwendung in den KFZ aufgelistet.

Tab. 1: Liste der in der OGewV genannten und aus dem Betrieb der KFZ zu erwartenden Stoffe

Stoffname/ Parameter	OGewV (2016) in Anlage	Unter-suchungs- medium W: Wasser S: Sediment	Verwendung im Zusammenhang mit KFZ	Erläuterung und allg. Verwendung
Arsen	6	S	Reifen, Karosserie	Reifen, Farben und Schmelzüberszüge, Metallkleber, Pigment, Flammenhemmer
Chrom	6	S	Reifen, Karosserie	Reifen, Antikorrosionsmittel in Farben, Rostfreier Stahl
Cyanid	6	W	Reifen, Tausalz	Antibackmittel in Tausalz, Galvanik-Rückstände
Kupfer	6	S	Antrieb, Bremsbeläge, Karosserie, Innenraum	Farbstoffe, Legierungen, Verkabelungen, Reibbeläge, Elektronik
Zink	6	S	Reifen, Karosserie	Reifen, Antikorrosionsmittel in Farben
Anilin	6	W	Reifen	Reifen
Thallium	6	W	Antrieb, Bremsbeläge	E-Bauteile, Sensoren, Bi-ozid
Chlorid	7	W	Tausalz und allg. Beschaffenheitsparameter	Streusalze
Eisen	7	W	Reifen, Karosserie, Antrieb	Reifen, Stahl, Elektromotoren
Anthracen	8	W	Reifen	Reifen, Ausgangsstoff von Pestiziden
Cadmium und Cadmiumverbindungen	8	W	Reifen, Karosserie, Innenraum	Reifen, Oberflächenschutz von Metallen, Stabilisatoren von Polymeren, Pigmente in Lacken und Kunststoffen, Batterien, Akkus, Weichmacher in Kunststoffen
Fluoranthren	8	W	Antrieb, Reifen	Bitumen, Öle, Reifen
Blei und Bleiverbindungen	8	W	Reifen, Bremsbeläge, Antrieb, Kraft-/ Betriebsstoffe, Karosserie, Innenraum	Reifen, Kabelummantelung, Hybridschaltung, Stabilisatoren in Kunststoffen, Korrosionsschutzmittel (Kraftstoffzusatz), Weichmacher in PVC, Antikorrosionsmittel in Farben

Stoffname/ Parameter	OGewV (2016) in Anlage	Unter- su- chungs- medium W: Wasser S: Sediment	Verwendung im Zusammenhang mit KFZ	Erläuterung und allg. Verwendung
Quecksilber und Quecksilberverbindungen	8	W	Reifen, Antrieb, Karosserie	Reifen, Batterien, Antikorrosionsschichten, Schalter, Antikorrosionsmittel in Farben
Naphthalin	8	W	Reifen, Abgase, Kraft-/ Betriebsstoffe	Reifen, Mineralöl, Ruß, unvollständige Verbrennung org. Substanzen z.B. im Auto
Nickel und Nickelverbindungen	8	W	Reifen, Karosserie, Antrieb	Reifen, Antikorrosionsmittel in Farben, Schweißelektroden, Legierungen, Batterien
Nonylphenol (4-Nonylphenol)	8	W	Reifen, Karosserie, Innenraum	Pestizid, Herstellung von Klebstoffen und Lacken
Octylphenol (4-(1,1',3,3'- Tetramethylbutyl)-phenol)	8	W	Reifen	als Phenolharz bei Reifenherstellung verwendet, als Nebenbestandteil in techn. Nonylphenol enthalten
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK nach EPA)	8	W	Reifen, Abgase, Kraft-/ Betriebsstoffe	Reifen, Mineralöle, Ruß, Abgase, Bitumen
Benzo[a]pyren	8	W	Reifen, Abgase, Kraft-/ Betriebsstoffe	Reifen, Mineralöl, Ruß, unvollständige Verbrennung org. Substanzen z.B. im Auto
Benzo(b)fluoranthen	8	W	Reifen, Abgase, Kraft-/ Betriebsstoffe	Reifen, Mineralöle, Ruß, Abgase, Bitumen
Benzo(k)fluoranthen	8	W	Reifen, Abgase, Kraft-/ Betriebsstoffe	Reifen, Mineralöle, Ruß, Abgase, Bitumen
Benzo(g,h,i)perylen	8	W	Reifen, Abgase, Kraft-/ Betriebsstoffe	Reifen, Mineralöl, Ruß, unvollständige Verbrennung org. Substanzen z.B. im Auto
Indeno(1,2,3-cd)-pyren	8	W	Reifen, Abgase, Kraft-/ Betriebsstoffe	Reifen, Mineralöl, Ruß, unvollständige Verbrennung org. Substanzen z.B. im Auto

Alle Beschaffenheitsparameter und Nährstoffe der OGewV mit Ausnahme Chlorid (aufgrund des Tausalzeinsatzes): Sauerstoff, Sulfat, Phosphorverbindungen, Stickstoffverbindungen sind als Leitparameter nicht geeignet. Bei Sauerstoff handelt es sich um einen Stoff ohne nachteilige Auswirkungen auf den Gewässerzustand. Darüber hinaus wird Sauerstoff nicht aus dem KFZ-Betrieb emittiert. Die übrigen Stoffe unterliegen aufgrund der geogenen Hintergrundbelastung in den Gewässern und den aktuellen Nutzungen in den Einzugsgebieten großen Schwankungen und werden aktuell sowie auch zukünftig, unabhängig von der Autobahn, geogen und nutzungsbedingt in erheblichen Mengen in die Gewässer eingetragen. Daher sind diese Stoffe als Leitparameter im vorliegenden Fall nicht geeignet.

In der vorliegenden Untersuchung ebenfalls nicht betrachtet werden Stoffe, die z.B. über Abgase emittiert werden und über den Luftpfad theoretisch auch in die Gewässer gelangen können. Dies sind z.B. Gase wie Stickoxide, aber auch Feinstaubanteile aus den Abgasen. Auch Quecksilber wird diesen Stoffen zugeordnet. Quecksilber ist z.B. in Spuren als Verunreinigung in Kraftstoffen enthalten und wird bei der Verbrennung als Gas freigesetzt. Diese Stoffe bzw. dieser Wirkpfad werden nicht betrachtet, da die in den KFZ-Abgasen enthaltenen Stoffe auch aus zahlreichen weiteren Quellen emittiert werden. Aufgrund der Vielzahl der Quellen und der großräumigen Verteilung über den Luftpfad mit Überlagerung der Emissionen aus den verschiedenen Quellen, kann in Bezug auf das Vorhaben die ursachenbezogene Menge der Stoffe, die in die Gewässer gelangt, messtechnisch nicht erfasst und nicht quantitativ prognostiziert werden.

Nicht aufgeführt in Tab. 1 sind auch weitere Stoffe und Stoffgruppen wie z.B. Mineralölkohlenwasserstoffe und Benzol, die in KFZ verwendet werden. Mineralölkohlenwasserstoffe werden z.B. in Kraftstoffen, Ölen und Schmiermitteln eingesetzt, werden jedoch nicht den persistenten Kohlenwasserstoffen gemäß OGewV zugeordnet. Benzol ist z.B. als Additiv im Benzin enthalten. Da diese Stoffe beim ordnungsgemäßen Betrieb der KFZ nicht auf die Fahrbahn gelangen bzw. nicht in der OGewV aufgeführt sind, werden diese Stoffe im Weiteren nicht betrachtet. Für weitere Informationen zur Auswahl der Untersuchungsparameter wird auf das Untersuchungskonzept [11] und dort speziell auf Anlage 3 verwiesen.

Die in Tab. 1 genannten Stoffe lassen sich in folgende Stoffgruppen einteilen:

Anorganische Stoffgruppen:

- Salze (z.B. Chlorid und Cyanide)
- Metalle (Eisen- und Schwermetallverbindungen sowie Arsen)

Organische Stoffgruppen:

- Weichmacher (Nonylphenole, Octylphenole)
- Aromatische Kohlenwasserstoffe (z.B. Anilin und PAK wie Naphthalin, Benzo(a)pyren, Benzofluoranthene)

Aufgrund des Umfangs der Stoffliste wurden so genannte Leitparameter, für die aus dem Betrieb der Autobahn zu erwartenden Stoffe, ausgewählt. Diese Leitparameter sind repräsentativ für die relevanten Stoffgruppen.

Im Rahmen der Prüfung, welche Stoffe als Leitparameter geeignet erscheinen, wurde folgende Stoffe aus Tab. 1 ausgeschieden:

Summenparameter: PAK nach EPA (U.S. Environmental Protection Agency).

Für die Verwendung von Parametern als Leitparameter ist eine Grundvoraussetzung, dass es sich um Einzelstoffe handelt, um definierte Stoffeigenschaften für die Prognosen anwenden zu können. Daher sind Summenparameter per se als Leitparameter ungeeignet.

Metalle: Eisen und Arsen.

Eisen ist nach Sauerstoff, Silizium und Aluminium das 4. häufigste Element der Erdkruste. Die Staubdeposition in Deutschland an gering belasteten Standorten liegt in der Größenordnung von ca. 1 mg/(m²*Tag). Damit sind im Straßenabwasser auch ohne KFZ-Verkehr 1 bis 2 mg/l Eisen zu erwarten. Unter den natürlich reduzierenden Milieubedingungen im Marschboden ist das in großen Mengen geogen im Boden vorhandene Eisen als Eisen (II) besonders mobil und tritt mit den Sickerwässern aus den Böden in die Marschengräben aus. Dort kann das Eisen unter Sauerstoffeinfluss zu Eisen (III) oxidiert und ausgefällt werden. Aufgrund dieses natürlichen hohen Eiseneintrages in die Marschengewässer ist in der OGewV für Marschengewässer für Eisen keine Qualitätsnorm angegeben. Der Parameter ist aufgrund der hohen geogenen Vorbelastung für Prognosen zur zukünftigen Belastung von Marschengewässer nicht geeignet.

Arsen liegt in Böden überwiegend als fünfwertiges Arsenat (As(V)) und als dreiwertiges Arsenit (As(III)) vor. Beide unterliegen chemisch und/oder mikrobiell bedingten Oxidations-Reduktionsvorgängen. Ähnlich wie Eisen liegt Arsen in den Böden der Marsch in natürlich erhöhten Gehalten vor. Im Gewässersystem der Marsch liegt Arsen überwiegend als Arsenat vor. Arsenat ist stark an Eisenoxide gebunden. Diese enge Verbindung beruht auf Sorptionsreaktionen, bei denen fortlaufend adsorbiertes Arsenat durch frisch angelagertes Eisenoxid eingeschlossen wird. Diese Reaktionen finden z.B. in Marschengewässern statt, wenn mobiles Eisen (II) aus den Böden in die Gewässer austritt, dort zu Eisen (III) oxidiert wird (siehe oben) und ausfällt. Auf diese Weise entsteht eine enge As/Fe-Assoziation, aus der Arsenat erst dann wieder freigesetzt wird, wenn sich Eisenoxid bei absinkendem Redoxpotential ab ca. $E_h = 100 \text{ mV}$ (bei pH 7) durch Bildung von Eisen (II) wieder auflöst. Dies ist z.B. bei organikreichen Schlämmen mit mikrobiellen Umsetzungsprozessen möglich. Aufgrund der erhöhten Hintergrundgehalte von Arsen in der Marsch und der starken Abhängigkeit der Chemie des Arsens von den phys.-chem. Milieubedingungen ist Arsen als Leitparameter für Prognosen zur zukünftigen Belastung von Marschengewässern durch KFZ-Verkehr nicht geeignet.

Schwermetalle: Blei, Chrom, Cadmium, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium, Zink.

Schwermetalle sind aufgrund ihres Einsatzes in KFZ grundsätzlich als Leitparameter geeignet. Die besonders gehäuft verwendeten und daher in Forschungsprojekten intensiv untersuchten Schwermetalle Blei, Kupfer und Zink werden daher in der vorliegenden Untersuchung als Leitparameter stellvertretend für die übrigen Metalle und Schwermetalle verwendet. Darüber hinaus wurden die Schwermetalle Quecksilber, Cadmium und Nickel aus Anl. 8 der OGewV hinsichtlich ihrer Eignung und Relevanz als Leitparameter geprüft. Quecksilber wurde aufgrund der Emission über den Luftpfad ausgeschieden (siehe oben). Cadmium und Nickel wurden weitergehend geprüft. Die Ergebnisse hierzu sind in Kap. 6.4 und Kap. 6.5 dargestellt.

Einzelstoffe der PAK nach EPA (U.S. Environmental Protection Agency).

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sind z.B. Bestandteile von Ruß und Weichmacherölen und wurden aufgrund ihrer relativ hohen Anteile in Reifen (Rußanteil im Abrieb ca. 34 % ([19]), PAK nach EPA-Anteil in Reifen bis ca. 2,5 % ([9])) ausgewählt. Von den 16 Einzelstoffen nach EPA wurden der in der Umwelt mobilste Einzelstoff Naphthalin und der toxischste Einzelstoff Benzo(a)pyren als Leitparameter für die Prognosen ausgewählt. In der OGewV ist auch in Tab. 2 der Anlage 8 ausgeführt, dass Benzo(a)pyren als Marker für die anderen PAK betrachtet werden kann und daher nur Benzo(a)pyren zum Vergleich mit der Umweltqualitätsnorm zu überwachen ist. Die übrigen in der OGewV genannten PAK wurden daher zurückgestellt.

Anilin:

In der Literatur wird dieser Stoff als Reifenbestandteil nur unter „sonstige Bestandteile“ (Summenanteile sonstiger Bestandteile unter 3% an der Lauffläche) geführt. Darüber hinaus konnte z.B. in [1] bei Untersuchungen an Straßenablaufwasser kein Anilin oberhalb der Bestimmungsgrenze gemessen werden, so dass Anilin nicht als Leitparameter verwendet wird.

Octyl- und Nonylphenole.

Octyl- und Nonylphenole sind als Weichmacher ebenfalls in Reifen enthalten. Der Gesamtanteil der Weichmacher beträgt ca. 6 % im Reifenkautschuk. Angaben zum Anteil von Octylphenolen oder Nonylphenolen und Angaben zu den möglichen Emissionen aus dem KFZ-Betrieb konnten in der Literatur jedoch nicht ermittelt werden. Die Einsatzmenge von Octylphenolharzen in Deutschland zur Reifenherstellung betrug 1996 nur etwa 60 t/a ([1]). Darüber hinaus werden diese Weichmacher in sehr zahlreichen Produkten eingesetzt und sind insbesondere in Ballungsgebieten u.a. in Straßenabwässern nachweisbar. Hierbei fehlen jedoch Untersuchungen inwieweit der KFZ-Verkehr oder andere industrielle Produkte/Vorgänge als Quellen der Belastungen in Frage kommen. Die bedeutendsten Quellen für Octyl- und Nonylphenole in Deutschland sind: Gewerbliche und häusliche Reinigung, wasserbasierende Farben, Textil- und Lederindustrie, Kunststoffindustrie sowie kommunale und industrielle Abwässer. Daher werden diese Stoffe nicht als Leitparameter verwendet.

Folgende Stoffe wurden als Leitparameter ausgewählt:

Aus dem Tausalzeinsatz:

- Chlorid und
- Cyanide.

Chloride und Cyanide sind die relevanten Stoffe im Tausalz. Weitere Inhaltsstoffe machen zusammen maximal 1 % des Tausalzes aus.

Aus der Gruppe der Metalle und Schwermetalle:

- Blei,
- Kupfer und
- Zink.

Darüber hinaus wurden Cadmium und Nickel in einer ersten Einschätzung betrachtet.

Aus der Gruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK):

- Naphthalin und
- Benzo(a)pyren (Marker für andere PAK gemäß OGewV).

4 Ermittlung der Emissionsraten aus dem Betrieb

4.1 Tausalzeinsatz

Die durch das Streusalz eingetragenen und zu bewertenden Leitparameter sind Chlorid und Cyanide.

Chlorid:

Das zu verwendende Streumittel FS 30 besteht aus Trockensalz (100 Masse-% NaCl) und Sole (21 Masse-% NaCl-Lösung). Die obere Grenze des Erwartungsbereiches liegt bei einer Streumenge des Streumittels von 25 g/m², was einer Chloridmenge von 11,6 g/m² entspricht. Aus der Einsatzdokumentation der Autobahn- und Straßenmeisterei Elmshorn der Winterperioden 2006/07 bis 2014/15 ist von einer mittleren Anzahl von 40 Streugängen pro Winterperiode auszugehen. Daraus resultiert ein mittlerer jährlicher Chloridauftrag von 464 g/m². Basierend auf den Berechnungen in BWS (2016) verbleibt von dem Gesamtchloridauftrag ein Anteil von 40 % auf der Fahrbahnfläche. Weitere 40 % verbleiben in den Bankette- und Böschungsbereichen. Dies bedeutet, dass, in Abhängigkeit der örtlichen Situation der Autobahntwässerung, bis zu maximal 80 % des Chloridauftrages in die Autobahntwässerung gelangen können. Somit kann bei einer anzusetzenden Fahrbahn-/ Streubreite von 15 m die jährlich in die Autobahntwässerung eingetragene Fracht mit bis zu 5,568 t pro km abgeschätzt werden.

Cyanide:

Der Gehalt an Cyaniden steht in direkter Abhängigkeit zum Chloridgehalt. Laut Mansfeld, Rennert, & Goetzfried (2011) ist im Streusalz von einem Anteil von 75 mg/kg Natriumferrocyanid auszugehen, was einem Gehalt von 38,5 mg/kg Cyanid im Streusalz entspricht. Unter der Annahme, dass der Anteil an Fremdbestandteilen 1 Masse-% beträgt, ergibt sich ein Gehalt an 0,6 kg Chlorid pro kg Streusalz, woraus ein Verhältnis von 38,5 mg Cyanid zu 0,6 kg Chlorid resultiert. Das entspricht 64,15 mg Cyanid pro kg Chlorid. Bezogen auf den Chloridauftrag von 6,96 kg/(m*a) ergibt sich ein Cyanidauftrag von 446,5 mg/(m*a). Unter der Berücksichtigung, dass 40 % von dem Gesamtcyanidauftrag auf der Fahrbahnfläche und weitere 40 % in den Bankette- und Böschungsbereichen verbleiben, ist je nach örtlicher Situation der Autobahntwässerung mit bis zu maximal 80 % des Chloridauftrages in die Autobahntwässerung zu rechnen. Somit ist die jährliche Cyanidfracht in die Autobahntwässerung mit maximal 357,2 mg pro m bzw. 357,2 g pro km anzusetzen.

Im Gegensatz zum Chlorid sind die Cyanide unter natürlichen Bedingungen abbaubar. So werden in der Literatur z.B. Laboruntersuchungen beschrieben, in denen an der Oberfläche von Substraten (z.B. Oberboden) ein Abbau durch photochemische Oxidation (sichtbares Licht) innerhalb von 48 Stunden in der Größenordnung von 20 % bis 25 % gemessen wurden. Diese Stoffminderungsprozesse werden in den hier vorliegenden Unterlagen im Weiteren nicht berücksichtigt.

4.2 Schwermetalle

Als Schadstoff-Leitparameter wurden die Schwermetalle Blei, Kupfer und Zink ausgewählt. Darüber hinaus wurden Cadmium und Nickel in einer ersten Einschätzung betrachtet.

Wie oben beschrieben, wird für den Einsatz von Tausalz [10] angenommen, dass 20 % der Gesamtmenge mit dem KFZ-Verkehr aus dem System ausgetragen werden. 40 % werden mit der Gischt über den Luftpfad in die Bankette und Böschungen ausgetragen und von dort verzögert in die Autobahntwässerung eingetragen. Weitere 40 % werden von der Fahrbahn direkt in die Entwässerung eingetragen. Diese Annahme wird auf die anorganischen und organischen Schadstoffe aus dem Brems- und Reifenabrieb mit der Änderung übertragen, dass die Schadstoffe in der Bankette und im Böschungsbereich aufgrund von Sorptionsprozessen zurückgehalten werden und insgesamt dann 40 % der Gesamtschadstoffe in die Autobahntwässerung gelangen. Mit diesen 40 % erfolgen die weiteren Abschätzungen.

Bei der Einleitstelle E11 tritt der Sonderfall auf, dass eine Teillänge von 396 m von der Gesamtlänge des Entwässerungsabschnittes von 1.183 m innerhalb eines Troges ohne vegetationsbedeckte Böschung verläuft. Für diese Teillänge erfolgt die Abschätzung mit einem Eintrag von 80 % der Gesamtschadstoffe in die Autobahntwässerung.

Blei:

Der Eintrag von Blei erfolgt fahrzeugseitig durch den Reifenabrieb und durch den Bremsabrieb. Des Weiteren tritt Blei als Verunreinigung im Zink auf.

In Hillenbrand, Toussaint, & Böhm (2005) wird ein mittlerer Bremsbelagabrieb von 13,2 mg/km für PKW und 66,1 mg/km für LKW angegeben, was den Angaben des Verbands der deutschen Reibbelagindustrie (VRI) (Leicht, 2003) entspricht. Der Bleigehalt in PKW-Bremsbelägen wurde nach ÖKO-Test (2002) mit 8,58 g/kg ermittelt. Daraus resultiert eine mittlere fahrzeugspezifische Bleiemission von 0,113 mg/km für PKW. Für LKW wurden Messergebnisse von Uexküll, Skerfving, & Braungart (2005) herangezogen, nach denen Scheibenbremsen einen Bleigehalt von 0,26 g/kg und Trommelbremsen einen Bleigehalt von 0,1 g/kg enthalten. Bei gleicher Gewichtung ergibt sich daraus ein Mittelwert von 0,18 g/kg Blei und eine mittlere Bleiemission von 0,012 mg/km für LKW.

Als mittleren Abrieb von Fahrzeugreifen gibt Hillenbrand, Toussaint, & Böhm (2005) nach Pirelli (2002), Boller (2000), Baumann & Ismeier (1998a), Gebbe & Hartung (1997), CARB (1993) und BUWAL (1992) für PKW einen mittleren Abrieb von 90 mg/km und nach Gebbe & Hartung (1997), CARB (1993) und BUWAL (1992) für LKW 700 mg/km an. Der durchschnittliche Bleigehalt, ermittelt aus Continental AG (1999) und Stechmann (1993), errechnet sich zu 17,14 mg/kg bei PKW-Reifen. Für LKW-Reifen wird ein über den Zinkgehalt in PKW- und LKW-Reifen rechnerisch ermittelter Bleigehalt von 29,56 mg/kg angesetzt. Es ergibt sich für PKW somit eine mittlere Bleiemission von 0,0015 mg/km für PKW und 0,0207 mg/km für LKW.

Die Verunreinigung im Zink durch Blei liegt in der Größenordnung von ca. 1%. Für PKW errechnet sich die Bleiemission durch Zink bei einer angesetzten Zinkemission von 1,41 mg/km zu 0,014 mg/km. Für LKW ergibt sich bei einer Zinkemission von 13,07 mg/km eine Bleiemission von 0,131 mg/km.

In Summe ergibt sich für PKW eine anzusetzende Bleiemission von 0,129 mg/km. Für LKW summiert sich die Bleiemission zu 0,163 mg/km. Unter der Annahme, dass 40 % davon in die Autobahntwässerung gelangen, ergibt sich daraus ein Bleieintrag von 0,051 mg/km für PKW und 0,065 mg/km für LKW. Bei der Annahme, dass 80 % in die Autobahntwässerung gelangen, ergibt sich ein Bleieintrag von 0,102 mg/km für PKW und 0,13 mg/km für LKW.

Kupfer:

Der Eintrag von Kupfer wird durch den Bremsabrieb verursacht.

Hillenbrand, Toussaint, & Böhm (2005) berechnet aus Literaturangaben von Westerlund (2001), Rauterberg-Wulff (1998) und Stechmann (1993) einen mittleren Kupfergehalt von 113,4 g/kg in PKW-Bremsbelägen. Bei einem mittleren Bremsbelagabrieb von 13,2 mg/km (Hillenbrand, Toussaint, & Böhm, 2005) ergibt sich daraus eine Kupferemission für PKW von 1,5 mg/km. Der Kupfergehalt in Bremsbelägen wurde von Uexküll, Skerfving, & Braungart (2005) für Scheibenbremsen mit 44 g/kg und für Trommelbremsen mit 2,2 g/kg ermittelt. Bei gleicher Gewichtung ergibt sich daraus ein Kupfergehalt von durchschnittlich 23,1 g/kg. Die mittlere Kupferemission errechnet sich bei einem mittleren Bremsbelagabrieb für LKW von 66,1 mg/km (Hillenbrand, Toussaint, & Böhm, 2005) zu 1,53 mg/km.

Unter der Berücksichtigung, dass 40 % davon in die Autobahntwässerung gelangen, ergibt sich daraus ein Kupfereintrag von 0,6 mg/km für PKW und 0,612 mg/km für LKW. Bei der Annahme, dass 80 % in die Autobahntwässerung gelangen, ergibt sich ein Kupfereintrag von 1,2 mg/km für PKW und 1,224 mg/km für LKW.

Zink:

Die Zinkemission setzt sich aus dem Reifenabrieb und dem Bremsabrieb zusammen.

Der mittlere Zinkgehalt in Laufflächen von Fahrzeugreifen wird in Hillenbrand, Toussaint, & Böhm (2005) nach Literaturangaben von BLIC (2001), Rauterberg-Wulff (1998), Baumann & Ismeier (1998a) und Stechmann (1993) mit 10.313 mg/kg für PKW berechnet. Bei einer Abriebmenge von 90 mg/km ergibt sich daraus eine Zinkemission von 0,93 mg/km. Für LKW-Reifen ergibt sich aus Literaturangaben von BLIC (2001), Rauterberg-Wulff (1998) und Baumann & Ismeier (1998a) ein Zinkgehalt von 17.800 mg/kg. Mit einer Abriebmenge von 700 mg/km ergibt sich eine Zinkemission von 12,46 mg/km.

Der Zinkgehalt in PKW-Bremsbelägen wird in Hillenbrand, Toussaint, & Böhm (2005) nach Literaturangaben aus Westerlund (2001), Rauterberg-Wulff (1998) und Stechmann (1993) im Mittel mit 36,6 g/kg angegeben. Mit einem Abrieb des Bremsbelages von 13,2 mg/km Hillenbrand, Toussaint, & Böhm (2005) lässt sich eine Zinkemission von 0,48 mg/km ermitteln. Der Zinkgehalt in LKW-Bremsbelägen wird in Hillenbrand, Toussaint, & Böhm (2005) nach Uexküll, Skerfving, & Braungart (2005) mit durchschnittlich 9,25 g/kg zitiert. Die Emission aus LKW-Bremsbelägen errechnet sich bei einem mittleren Abrieb von 66,1 mg/km Hillenbrand, Toussaint, & Böhm (2005) zu 0,61 mg/km Zink.

In Summe beträgt die Zinkemission aus dem Abrieb der Reifenauflflächen und den Bremsbelägen 1,41 mg/km für PKW und 13,07 mg/km für LKW. Der zu erwartende Anteil von 40 %, der in die Autobahntwässerung gelangt, liegt bei 0,564 mg/km für PKW und 5,228 mg/km für LKW. Bei der Annahme, dass 80 % in die Autobahntwässerung gelangen, ergibt sich ein Zinkeintrag von 1,128 mg/km für PKW und 10,456 mg/km für LKW.

Cadmium:

Die Cadmiumemission setzt sich aus dem Reifenabrieb und dem Bremsabrieb zusammen. Ursache ist nicht der beabsichtigte Einsatz von Cadmium in den Produkten, sondern die natürliche Verunreinigung von Cadmium in Zink in Höhe von etwa 0,1 %.

Laut Krömer et al. (1999) liegt der Anteil an Cadmiumoxid in der Reifenzusammensetzung bei 0,0002 %. Kocher et al. (2010) weisen auf die Cadmiumverunreinigung in Zink hin, die bei etwa 0,1 % liegt und errechnen einen Cadmiumgehalt von ca. 1,8 mg/kg im Reifenmaterial. Bei einer Abriebrate von 90 mg/km für einen PKW ergibt sich daraus eine Cadmiumemission von 0,162 µg/km. Für LKW errechnet sich bei einer Reifenabriebrate von 700 mg/km eine Cadmiumemission von 1,26 µg/km. Aufgrund der Cadmiumverunreinigung in Zink von etwa 0,1 % ergibt sich bei Bremsbelägen eine Cadmiumemission für PKW von 0,48 µg/km und für LKW von 0,61 µg/km.

In der Summe ist eine Cadmiumemission von ca. 0,64 µg/km für PKW und 1,87 µg/km für LKW zu erwarten. Der zu erwartende Anteil von 40 %, der in die Autobahntwässerung gelangt, liegt bei 0,256 µg/km für PKW und 0,748 µg/km für LKW. Bei der Annahme, dass 80 % in die Autobahntwässerung gelangen, ergibt sich ein Cadmumeintrag von 0,51 µg/km für PKW und 1,50 µg/km für LKW.

Nickel:

Die Nickelemission setzt sich aus dem Reifenabrieb zusammen. Hürlimann et al. (2011) geben auch an, dass Nickel im Bremsabrieb vorhanden ist. Weitere Angaben, wie z.B. zu den Mengenanteilen, sind jedoch nicht angegeben. Auch in weiterer Literatur konnte diese Angabe nicht verifiziert werden.

Muschak (1989) gibt Metallabriebraten aus Reifen an. Hieraus lässt sich ein Verhältnis der Nickelemission zur Bleiemission von 0,16 errechnen, woraus sich für PKW ein Abrieb von 0,24 µg/km und für LKW ein Abrieb von 3,31 µg/km durch Reifenabrieb ergibt. Auf dieser Grundlage ist eine Nickelemission von ca. 0,24 µg/km für PKW und 3,31 µg/km für LKW zu erwarten. Der zu erwartende Anteil von 40 %, der in die Autobahntwässerung gelangt, liegt bei 0,095 µg/km für PKW und 1,325 µg/km für LKW. Bei der Annahme, dass 80 % in die Autobahntwässerung gelangen, ergibt sich ein Nickeleintrag von 0,19 µg/km für PKW und 2,65 µg/km für LKW.

4.3 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Als organische Leitparameter wurden die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe Naphthalin und Benzo(a)pyren bestimmt.

Naphthalin:

Naphthalin emittiert durch den Abrieb von Reifen und Bremsen. Da der Anteil des durch Bremsenabrieb emittierten Naphthalin um mehrere Größenordnungen geringer ist als der Anteil durch Reifenabrieb, wird an dieser Stelle auf eine Abschätzung des Bremsenabriebs verzichtet.

Im Reifenabrieb von Laufflächen der PKW-Reifen wird in Baumann & Ismeier (1998a) ein Naphthalin Gehalt von 1,0 mg/kg ermittelt. Bei einem Abrieb von 90 mg/km ergibt sich daraus eine Emission an Naphthalin von 0,00009 mg/km bzw. 0,09 µg/km. In LKW-Reifen beträgt der gemessene Naphthalin Gehalt 2,9 mg/kg, woraus bei einem Reifenabrieb von 700 mg/km eine Naphthalin Emission von 0,00203 mg/km bzw. 2,03 µg/km resultiert.

Unter der Annahme, dass ein Anteil von 40 % in die Autobahntwässerung gelangt, ergibt sich eine Naphthalinemission von 0,04 µg/km für PKW und 0,81 µg/km für LKW. Bei der Annahme, dass 80 % in die Autobahntwässerung gelangen, ergibt sich ein Naphthalineintrag von 0,08 µg/km für PKW und 1,62 µg/km für LKW.

Benzo(a)pyren:

Die Emission von Benzo(a)pyren resultiert aus dem Abrieb von Reifen und Bremsen. Da der Anteil des durch Bremsenabrieb emittierten Benzo(a)pyren um mehrere Größenordnungen geringer ist als der Anteil durch Reifenabrieb, wird an dieser Stelle auf eine Abschätzung des Bremsenabriebs verzichtet.

Baumann & Ismeier (1998a) ermittelten sowohl im Abrieb von PKW- als auch von LKW-Reifenlaufflächen einen Gehalt an Benzo(a)pyren von unter 1 mg/kg. Da die Bestimmungsgrenze der Analyseverfahren nicht bekannt ist, wird als worst case mit einem Gehalt von jeweils 1 mg/kg Benzo(a)pyren in PKW- und LKW-Reifenlaufflächen gerechnet. Dadurch ergibt sich für PKW-Reifen eine Emission von 0,00009 mg/km bzw. 0,09 µg/km Benzo(a)pyren bei einem Reifenabrieb von 90 mg/km (Hillenbrand, Toussaint, & Böhm (2005)). Für LKW liegt die Emission bei 0,0007 mg/km bzw. 0,7 µg/km.

Der zu erwartende Anteil von 40 %, der in die Autobahntwässerung gelangt, liegt bei 0,04 µg/km für PKW und 0,28 µg/km für LKW. Bei der Annahme, dass 80 % in die Autobahntwässerung gelangen, ergibt sich ein Benzo(a)pyreneintrag von 0,08 µg/km für PKW und 0,56 µg/km für LKW.

Tab. 2: Zu erwartende Emissionen der Leitparameter in der Autobahntwässerung

Schadstoff aus Tausalzeinsatz	Jährliche Emissionen* in die Autobahntwässerung (80 % bzw. 40 % des Gesamtauftrages)		Herkunft	Literatur
Chlorid	5,568 t/km (80 %)		Streusalz (November bis März)	(BWS, 2016)
Cyanide	0,35718 kg/km (80 %)		Antibackmittel im Streusalz (November bis März)	(Mansfeld, Rennert, & Goetzfried, 2011)
Schadstoff aus KFZ-Betrieb	Emission in Autobahntwässerung pro PKW	Emission in Autobahntwässerung pro LKW	Herkunft	Literatur
Blei	0,102 mg/km (80 %) 0,051 mg/km (40 %)	0,13 mg/km (80 %) 0,065 mg/km (40 %)	Reifenabrieb, Bremsbelagabrieb, Verunreinigung in Zink	(ÖKO-Test, 2002), (Uexküll, Skerfving, & Braungart, 2005), (Hillenbrand, Toussaint, & Böhm, 2005)
Kupfer	1,2 mg/km (80 %) 0,6 mg/km (40 %)	1,224 mg/km (80 %) 0,612 mg/km (40 %)	Bremsbelagabrieb	(Hillenbrand, Toussaint, & Böhm, 2005), (Uexküll, Skerfving, & Braungart, 2005)
Zink	1,128 mg/km (80 %) 0,564 mg/km (40 %)	10,456 mg/km (80 %) 5,228 mg/km (40 %)	Reifenabrieb, Bremsbelagabrieb	(Hillenbrand, Toussaint, & Böhm, 2005)
Cadmium	0,51 µg/km (80 %) 0,256 µg/km (40 %)	1,50 µg/km (80 %) 0,748 µg/km (40 %)	Reifenabrieb, Bremsbelagabrieb	(Kocher et al., 2010), (Krömer et al., 1999)
Nickel	0,19 µg/km (80 %) 0,095 µg/km (40 %)	2,65 µg/km (80 %) 1,325 µg/km (40 %)	Reifenabrieb	(Muschak, 1989)
Naphthalin	0,08 µg/km (80 %) 0,04 µg/km (40 %)	1,62 µg/km (80 %) 0,81 µg/km (40 %)	Reifenabrieb	(Baumann & Ismeier, 1998a)
Benzo(a)pyren	0,08 µg/km (80 %) 0,04 µg/km (40 %)	0,56 µg/km (80 %) 0,28 µg/km (40 %)	Reifenabrieb	(Baumann & Ismeier, 1998a)

*) Für den Einsatz von Tausalz [10] wird angenommen, dass 20 % der Gesamtmenge mit dem KFZ-Verkehr aus dem System ausgetragen werden. 40 % werden mit der Gisch über den Luftpfad in die Bankette und Böschungen ausgetragen und von dort verzögert in die Autobahntwässerung eingetragen. Weitere 40 % werden von der Fahrbahn direkt in die Entwässerung eingetragen. Diese Annahme wird auf die anorganischen und organischen Schadstoffe aus dem Brems- und Reifenabrieb mit der Änderung übertragen, dass die Schadstoffe in der Bankette und im Böschungsbereich aufgrund von Sorptionsprozessen zurückgehalten werden und insgesamt dann 40 % der Gesamtschadstoffe in die Autobahntwässerung gelangen. Mit diesen 40 % erfolgen die weiteren Abschätzungen.

5 Vorbelastung im Ist-Zustand

Seit August 2016 wird die Vorbelastung der Gewässer im Ist-Zustand gemessen. Es erfolgten Messungen in der Wasserphase (gelöste Konzentration im Wasser) und in der Feststoffphase (Gehalt im Sediment für die Parameter Arsen, Chrom, Kupfer und Zink).

Die bisherigen Untersuchungen ergaben für die Leitparameter folgende Vorbelastungen:

Tab. 3: Vorbelastung im Gewässersystem

Leitparameter	LLUR 120209	E11	E12/E13/E14	E16/E17
Chlorid [mg/l]	137	154	124	140
Cyanid [mg/l]	0,0025 *)	0,0025 *)	0,0025 *)	0,0025 **)
Blei [mg/l]	0,0005 *)	0,0005 *)	0,0005 *)	0,0005 **)
Kupfer [mg/kg]	11	25	13	11 **)
Zink [mg/kg]	66	148	96	66 **)
Cadmium [µg/l]	0,04 *)	0,04 *)	0,04 *)	0,04 **)
Nickel [µg/l]	4,20	3,00	5,40	4,20 **)
Naphthalin [µg/l]	0,017	0,011	0,017	0,017 **)
Benzo(a)pyren [µg/l]	0,000085 *)	0,000085 *)	0,000085 *)	0,000085 **)

*) 50 % der Verfahrensbestimmungsgrenze

***) Wert analog zum Messwert der LLUR-Messstelle

Für Cyanid, Blei, Cadmium und Benzo(a)pyren liegen die Ergebnisse unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenzen. Für diese Parameter wird daher im Weiteren die halbe Bestimmungsgrenze als Vorbelastung (gemäß OGewV Anl. 9, Punkt 3.1.1) angenommen.

6 Ergebnisse der Mischungsberechnungen

In Tab. 2 auf Seite 20 erfolgte die Zusammenstellung der erwarteten Emissionen in die Autobahnentwässerung. Die aus diesen Emissionen folgenden Konzentrationen und Frachten in den Autobahnabwässern wurden über die hydraulischen Berechnungen durch OBERMEYER PLANEN + BERATEN GmbH in Zusammenarbeit mit der SWECO GmbH ermittelt [23].

In Dok. 1 sind die Ergebnisse der Mischungsberechnungen für die Einleitstellen E11 bis E14 sowie für die LLUR-Messstelle 120209 zusammengestellt. Die hydraulischen Grundlagen der Tabelle in Dok. 1 wurden von der OBERMEYER PLANEN + BERATEN GmbH in Zusammenarbeit mit der SWECO GmbH zusammengestellt [23]. Die Berechnungen in [23] berücksichtigen nur die hydraulischen Einflussfaktoren (Verdünnung) für die Ermittlung der Stoffkonzentrationen an den Einleitstellen. Weitere Einflussfaktoren wie z.B. Sorptionsvorgänge, Retardation aufgrund von Bodenpassagen oder Abbauvorgänge sind nicht berücksichtigt. Daher sind in diesen Berechnungen vereinfacht alle Parameter zu 100 % in der Wasserphase gelöst angegeben. Tatsächlich werden je nach Parameter unterschiedliche Anteile der Stoffe adsorbiert an Schwebstoffen und Feststoffen im Autobahnabfluss vorliegen. Bei dem Parameter Benzo(a)pyren ist z.B. davon auszugehen, dass über 99 % des Stoffes an Schwebstoffen und Feststoffen sorbiert vorliegen und weniger als 1 % gelöst in der Wasserphase vorliegt.

Als Sorption werden die Vorgänge bezeichnet, die zu einer Anreicherung eines Stoffes in einer Phase oder an einer Oberfläche führen. Im vorliegenden Fall ist insbesondere die Anlagerung an einer Oberfläche (Adsorption, hier: an Schwebstoffe, Bodenpartikel oder Pflanzenteile) relevant. Durch Anlagen und Vorgänge, die zu einer Strömungsminderung führen, sinken Schwebstoffe mit den sorbierten Schadstoffen im Wasser ab und sedimentieren an der Sohle z.B. der Beckensohle oder der Gewässersohle.

Die Sorptionsvorgänge bei Sickerpassagen im Untergrund führen bei einer immer weiteren Emission aus einer Quelle (hier: Nachschub von Schadstoffen mit den nachfolgenden Autobahnabwässern) zu einem gegenüber dem Wasser stark verzögerten Transport der Schadstoffe durch die Sickerpassage. Die Intensität dieser Verzögerung ist insbesondere von den Schadstoffeigenschaften, vom organischen Anteil in den Bodenpartikeln sowie vom Tongehalt und pH-Wert im Boden und Sickerwasser abhängig. Diese Verzögerung beim Transport durch die Sickerpassage wird als Retardation bezeichnet.

Für die Stoffe und Einleitungen, für die die oben beschriebenen vereinfachten Mischungsberechnungen ohne Sorptionsvorgänge bereits eine Unterschreitung der Umweltqualitätsnormen ergeben, wurden keine weiteren Abschätzungen und Berechnungen durchgeführt. Die sich ergebenden Konzentrationen sind in Dok. 1 „grün“ markiert.

„Gelb“ markiert sind in Dok. 1 die Konzentrationen in Einleitungen, bei denen nach der vereinfachten Mischungsberechnung nicht sichergestellt ist, dass die Umweltqualitätsnormen unterschritten werden.

Um die vorhandenen Sorptionsprozesse berücksichtigen zu können, wurde die Tabelle aus [23] in Dok. 1 um Ergebnisse aus Abschätzungen und Berechnungen mit Berücksichtigung von Sorptions- und Retardationsvorgängen erweitert.

Für die Einleitstellen E12 sowie E15 bis E17 wurden keine Mischungsberechnungen durchgeführt, da an diesen Einleitstellen keine Autobahnabwässer, sondern nur Abflüsse von Wirtschaftswegen und ähnlich eingeleitet werden.

Die o.g. Sorptions- und Retardationsvorgänge werden für die Einleitstellen E13 und E14 über die Sickerpassagen berücksichtigt. Im Einzugsgebiet dieser Einleitstellen erfolgt zunächst eine Versickerung der Autobahnabflüsse über eine Mulde innerhalb der Autobahnböschung. Nach der Sickerpassage wird das Wasser über Sickerrohre wieder gefasst und in den Randgraben eingeleitet. Von dort fließt das Wasser der Einleitstelle zu. Die Sickerpassage wirkt für alle betrachteten Stoffe mit Ausnahme Chlorid wie ein Filter und führt durch die Sorption und Retardation zu einer Stoffminderung im weiteren Abfluss.

An der Einleitstelle E11 erfolgt der Zufluss über Rohrleitungen und Gräben sowie über ein Regenrückhaltebecken in Kombination mit Regenklärbecken, jedoch ohne Sickerpassage. Darüber hinaus ist nach dem Regenrückhalte- und Klärbecken und vor der Einleitstelle 11 ein 170 m langer sogenannter Ablaufgraben zwischengeschaltet. Aufgrund des vorgesehenen Dauerstaus vor der Einleitstelle und der damit verbundenen geringen Fließgeschwindigkeiten sowie der zu erwartenden Vegetation im Graben ist davon auszugehen, dass in diesem 170 m langen Abschnitt weitere Schwebstoffe sedimentieren und weitere Reinigungsprozesse über das Regenrückhalte- und Klärbecken hinaus stattfinden.

Für die Sickerwasserpassage und Prognose der Stoffbelastung nach der Sickerpassage erfolgt eine Betrachtung analog einer quantitativen Sickerwasserprognose nach BBodSchV. Hierzu wird für die quantitative Abschätzung hilfsweise die Excel-Anwendung ALTEX-1D (Analytische Lösung der 1D-Transportgleichung mit MS-EXCEL) verwendet. Diese Excel-Anwendung wurde auf Veranlassung des ALA (Ständiger Ausschuss „Altlasten“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz) erstellt und entspricht dem Stand der Technik für quantitative Sickerwasserprognosen.

Für die Prognosen zu den Sickerpassagen werden folgende Randbedingungen angenommen:

- Die hydraulische Belastung als Zufluss zu den Sickermulden beträgt bei E13 3.000 mm/m² und bei E14 4.350 mm/m². Diese resultieren aus einem Abfluss von ca. 250 mm/a unter Berücksichtigung von Verdunstung, Benetzungsverlusten, Versickerung in Grünstreifen und Böschungen sowie einer hydraulisch wirksamen Breite der Mulde von ca. 2,0 m.
- Die Versickerungsfläche bei E13 beträgt 668 m (Länge) * 2,0 m (Breite) = 1.336 m² und bei E14 206 m * 2,0 m = 412 m². Aufgrund der verkürzten Sickermulde bei E14 ergibt sich für diese Mulde eine höhere hydraulische Belastung um den Faktor 1,45. Die Mächtigkeit der belebten Bodenzone beträgt 0,2 m. Für die obersten 0,1 m wird eine ungünstige Schadstoffbelastung pauschal in Höhe des 10-fachen LAGA-Zuordnungswertes Z2 (Kupfer: 4.000 mg/kg, Zink: 15.000 mg/kg) angenommen.
- Die Sickerstrecke unterhalb der Mulde beträgt 1,1 m.
- Die Quellskonzentration in den obersten 0,1 m wird entsprechend der Konzentration in den Mischungsberechnungen für den Abfluss von der A 20 angenommen. Die stoffliche Belastung (Konzentration) ist für beide Einleitstellen identisch. Der Zufluss der Abflüsse aus den sonstigen Flächen (außerhalb der A 20) erfolgt erst hinter der Sickerpassage.
- Der Humusgehalt in der belebten Bodenzone wird mit 8 Masse-% und in der Sickerstrecke unterhalb mit 0,1 Masse-% angenommen.
- Der Tongehalt in der belebten Bodenzone wird mit 5 Masse-% und in der Sickerstrecke unterhalb mit 1 Masse-% angenommen.
- Als betrachteter Prüfwert wird 0,1 µg/l (übliche Bestimmungsgrenze für Schwermetalle) angenommen bzw. bei Benzo(a)pyren die Umweltqualitätsnorm von 0,00017 µg/l.
- Ein Abbau wird bei Kupfer und Zink nicht berücksichtigt. Bei Benzo(a)pyren wird ein Abbau mit einer Halbwertszeit von 2,411 Jahren berücksichtigt.
- Als Ort der Beurteilung (OdB) wird die Wasserfassung nach Durchlaufen der Sickerwasserpassage betrachtet. Es wird vereinfacht angenommen, dass die hierfür ermittelte Konzentration ohne weitere Minderung der Einleitstelle zuläuft. Hierdurch bleibt eine weitere Minderung der Stoffe, durch Sorptionen in dem autobahnparallelen Graben - vor Einleitung in die Langenhalsener Wettern (E13/E14) – unberücksichtigt.
- Nach 15 Jahren (Langenhalsener Wettern) bzw. 3 Jahren (Landweg-Wettern) werden die Wettern jeweils geräumt.
- Die an der Einleitstelle ankommende Fracht über einen Zeitraum von 15 Jahren (Langenhalsener Wettern) bzw. 3 Jahren (Landweg-Wettern) wird auf eine Fläche von 100 m² mit einer Schichtmächtigkeit von 0,1 m und einer Trockendichte von 1,3 g/l im Gewässer verteilt. Dies ergibt ein Volumen von 10 m³ mit einer Masse von 13 t.

Weitere Randbedingungen und die Berechnungsergebnisse zu der Sickerpassage sind in Dok. 2 zusammengestellt. Ein Systemschnitt zum Entwässerungssystem über Mulde und Randgraben mit Angabe der betrachteten Sickerstrecke ist in Abb. 1 dargestellt.

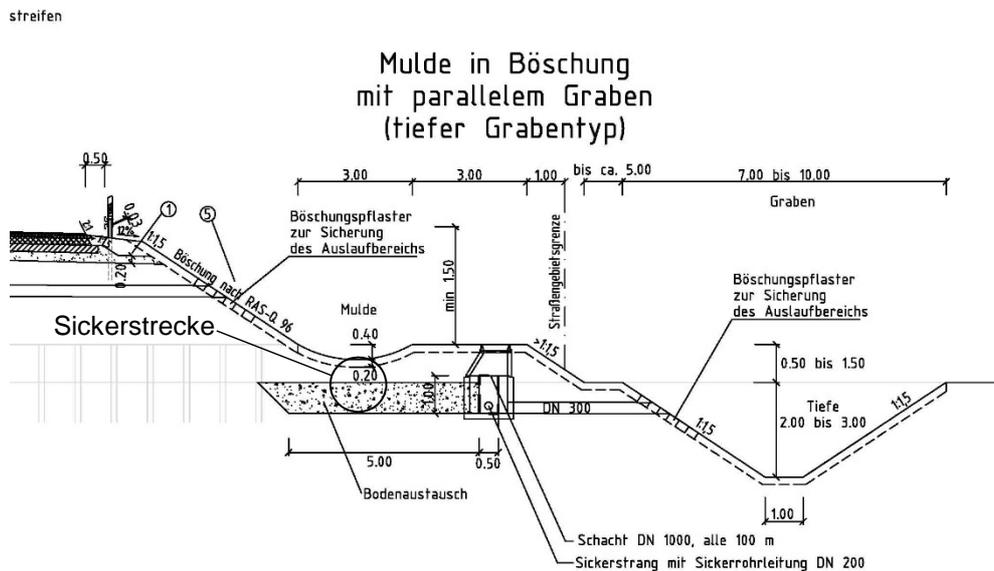


Abb. 1: Prinzipskizze der Autobahntwässerung über Mulde und Randgraben

Quelle: OBERMEYER PLANEN + BERATEN GmbH, ergänzt

Zu den Prognosen ohne Sickerpassagen, mit direktem Abfluss über ein Regenrückhaltebecken zu der Einleitstelle, werden folgende Randbedingungen angenommen:

- Das Regenrückhaltebecken wird in Kombination mit einem Absetzbecken/Regenklärbecken in Dauerstau gemäß RAS-EW 2005 errichtet.
- Der Zufluss der Abflüsse aus den sonstigen Flächen (außerhalb der A 20) erfolgt vor Zufluss der Abwässer in das Regenrückhaltebecken.

- Es werden Fracht- und Konzentrationsminderungen in Höhe von 70 % bis 90 % (Mittelwert 80 %) für Kupfer und Zink sowie 60 % für Blei und 90 % für Benzo(a)pyren beim Durchströmen eines Regenrückhaltebeckens gemäß RAS-EW 2005 mit Dauerstau und Regenklärbecken/Absetzbecken (Wassertiefe ≥ 2 m) berücksichtigt. Von Kasting (2002) [17] wurden für ein Regenrückhaltebecken, welches der RAS-EW 2005 noch nicht entspricht, Wirkungsgrade der Reinigungsleistung von 77 % für Kupfer, 84 % für Zink, 67 % für Blei und 94 % für Benzo(a)pyren ermittelt. Für ein Absetzbecken, welches ebenfalls der RAS-EW 2005 noch nicht entspricht, wurden Wirkungsgrade der Reinigungsleistung von 7 % für Kupfer, 23 % für Zink, 29 % für Blei und 39 % für Benzo(a)pyren ermittelt. Da für das geplante Vorhaben die Kombination von Rückhaltebecken und Regenklärbecken nach dem Stand der Technik vorgesehen ist, ist anzunehmen, dass die oben genannten Fracht- und Konzentrationsminderungen sicher erreicht werden.
- Bis zur Einleitstelle E11 in die Landweg-Wettern folgt nach dem Rückhaltebecken ein etwa 1 m breiter und 170 m langer Abflussgraben, in dem verbliebene Schadstoffe weiter sorbiert werden und belastete Schwebstoffe sedimentieren können. Es wird von einer weiteren Minderung von 50 % für Kupfer, Zink und Blei sowie 70 % für Benzo(a)pyren ausgegangen.
- Die an der Einleitstelle ankommende jährliche Fracht wird auf eine Fläche von 100 m² mit einer Sedimentmächtigkeit von 0,1 m und einer Trockendichte von 1,3 g/l im Gewässer verteilt.
- Der auf diesen 100 m² ermittelte Stoffgehalt im Sediment wird mit der Umweltqualitätsnorm verglichen.

Ein Fließdiagramm mit den einzelnen Schritten im Entwässerungssystem mit Regenrückhaltebecken ist in Abb. 2 dargestellt.

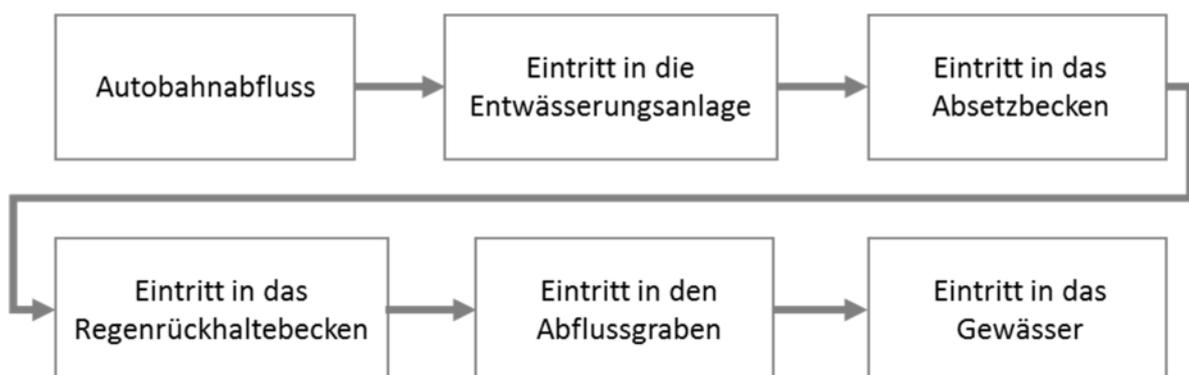


Abb. 2: Schema des Entwässerungssystems mit Regenrückhaltebecken

6.1 Ergebnisse für die Parameter Chlorid und Cyanid

Die Ergebnisse zu den Mischungsberechnungen für Chlorid und Cyanid sind in dem Bericht OBERMEYER PLANEN + BERATEN GmbH [23] enthalten. Im vorliegenden Bericht wird auf diese Ergebnisse nicht weiter eingegangen.

6.2 Ergebnisse für den Parameter Blei

Die Konzentrationen in den Autobahnabwässern vor Eintritt in das Entwässerungssystem werden für Blei je nach Einleitstelle und Einzugsgebiet zwischen 0,05 mg/l und 0,17 mg/l liegen. Eine derzeitige Vorbelastung in den Gewässern konnte nicht ermittelt werden. Die Vorbelastung liegt unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,001 mg/l. Für die weiteren Betrachtungen wird daher eine Vorbelastung in Höhe der halben Bestimmungsgrenze mit 0,0005 mg/l angenommen.

Die Mischungsberechnungen (Dok. 1) für Blei zeigen, dass die zukünftigen Konzentrationen in den Gewässern an den Einleitstellen mit Ausnahme der Einleitstelle E11 auch ohne Berücksichtigung der Sorption der vorhandenen Vorbelastung im Gewässersystem entspricht. Eine Verschlechterung des chemischen Zustandes durch Blei in den Autobahnabflüssen ist daher für die LLUR-Messstelle sowie für die Einleitstellen E13 und E14 auszuschließen.

Abschätzung für E11

Für die Abschätzung zu der Einleitstelle E11 erfolgt eine Berücksichtigung der Sorption an Schwebstoffe und Sedimente im Gewässer. Der Zufluss der Autobahnabflüsse zu der Einleitstelle E11 erfolgt über ein Regenrückhaltebecken in Kombination mit Regenklärbecken. Es wird für Blei aufgrund der Sorptionseigenschaften an Schwebstoffen und Sedimenten von einer Frachtminderung und damit auch einer Konzentrationsminderung von ca. 60 % ausgegangen. Bei einer Konzentration von 0,05596 mg/l am Zulauf des Beckens ergibt sich rechnerisch eine Konzentration von 0,026238 mg/l an Blei am Auslauf des Rückhaltebeckens. Bis zur Einleitstelle E11 in die Landweg-Wettern folgt nach dem Rückhaltebecken ein etwa 1 m breiter und 170 m langer Abflussgraben, in dem verbliebene, mit Blei belastete Schwebstoffe sedimentieren können. Aufgrund der Größe des Grabens mit ca. 170 m², des Bewuchses und der sehr geringen Strömungsgeschwindigkeit wird von einer weiteren Minderung von 50 % ausgegangen.

Damit wird rechnerisch an der Einleitstelle E11 eine Konzentration von 0,013119 mg/l zzgl. der angenommenen Vorbelastung von 0,0005 mg/l erwartet. Die erwartete Belastung mit Blei von 0,0016 mg/l an der Einleitstelle liegt damit lokal geringfügig über der Umweltqualitätsnorm von 0,0012 mg/l. Im weiteren Gewässerverlauf ist damit zu rechnen, dass die Bleikonzentrationen durch Sorptionsprozesse im Gewässer und durch Verdünnung aufgrund von Zuflüssen weiter gemindert werden und bereits nach wenigen 10er bis 100er Metern die Umweltqualitätsnorm deutlich unterschreiten. Die Landweg-Wettern ist aufgrund ihrer geringen Größe und intensiven Verlandung alle 3 Jahre zu räumen.

6.3 Ergebnisse für die Parameter Kupfer und Zink

Vorbemerkungen zu den Parametern Kupfer und Zink

Da für die Parameter Kupfer und Zink die Bewertung der Schadstoffbelastung über die Gehalte im Sediment erfolgt, liegen keine Konzentrationswerte für die aktuelle Belastung im Wasser der Oberflächengewässer vor. Für die weitere Betrachtung wird als worst-case-Annahme davon ausgegangen, dass die Belastung der Autobahnabflüsse höher ist als die Belastung im Gewässer. Für die Ermittlung der zu erwartenden Belastung im Gewässer sind daher zusätzliche Abschätzungen erforderlich.

Ergebnisse für den Parameter Kupfer

Die Konzentrationen in den Autobahnabwässern vor Eintritt in das Entwässerungssystem werden für Kupfer je nach Einleitstelle und Einzugsgebiet zwischen 0,5708 mg/l (E13, E14) und 1,9222 mg/l (E11) liegen. Nach den Berechnungen mit ALTEX-1D wird der betrachtete Prüfwert von 0,1 µg/l am Sickerstrang nach ca. 43 Jahren (E13) bzw. 30 Jahren (E14) erreicht. Nach 15 Jahren ist die Summe der jährlichen Frachten sowohl für E13 als auch für E14 kleiner 1 mg. Umgerechnet auf eine Fläche von 100 m² und einer Sedimentmächtigkeit von 0,1 m ergibt sich durch die Einleitung der Autobahnabflüsse eine zusätzliche Sedimentbelastung von jeweils kleiner 1 µg/kg Kupfer bei E13 und E14, so dass die Umweltqualitätsnorm von 160 mg/kg Kupfer deutlich unterschritten wird.

Aufgrund dieser geringen Fracht ist eine Verschlechterung der chemischen Qualitätskomponente durch Kupfer in den Autobahnabflüssen für die LLUR-Messstelle sowie für die Einleitstellen E13 und E14 auszuschließen.

Zur Einleitstelle E11 erfolgt der Abfluss über ein Regenrückhaltebecken mit Regenklärbecken. Die Fracht im Zufluss zum Becken beträgt 14,212 kg/a, die Konzentration 0,7485 mg/l. Es wird für Kupfer aufgrund der Sorptionseigenschaften an Schwebstoffen und Sedimenten von einer Frachtminderung und damit auch einer Konzentrationsminderung von ca. 80 % ausgegangen. Bei einer Konzentration von 0,7485 mg/l am Zulauf des Beckens ergibt sich rechnerisch eine Konzentration von 0,1497 mg/l an Kupfer am Auslauf des Rückhaltebeckens. Bis zur Einleitstelle E11 in die Landweg-Wettern folgt nach dem Rückhaltebecken ein etwa 1 m breiter und 170 m langer Abflussgraben, in dem verbliebene, mit Kupfer belastete Schwebstoffe sedimentieren können. Aufgrund der Größe des Grabens mit ca. 170 m², des Bewuchses und der sehr geringen Strömungsgeschwindigkeit wird von einer weiteren Minderung von 50 % ausgegangen.

Damit wird rechnerisch an der Einleitstelle E11 eine Konzentration von 0,07485 mg/l bzw. eine Fracht von 1,421249 kg/a erwartet. Die Landweg-Wettern ist aufgrund ihrer geringen Größe und intensiven Verlandung alle 3 Jahre zu räumen.

Bezogen auf das Sediment der Landweg-Wettern auf einer Fläche von 100 m² an der Einleitstelle steigt der Kupfergehalt innerhalb der 3 Jahre um 328 mg/kg zzgl. der Vorbelastung von 25 mg/kg. Damit liegt die erwartete Kupferbelastung an der Einleitstelle lokal in der Größenordnung der Umweltqualitätsnorm. Im weiteren Gewässerverlauf ist damit zu rechnen, dass die Kupferfracht durch Sorptionsprozesse im Gewässer und durch Verdünnung aufgrund von Zuflüssen weiter gemindert werden und bereits nach wenigen 10er bis 100er Metern die Umweltqualitätsnorm deutlich unterschreiten.

Ergebnisse für den Parameter Zink

Die Konzentrationen in den Autobahnabwässern vor Eintritt in das Entwässerungssystem werden für Zink je nach Einleitstelle und Einzugsgebiet zwischen 1,076 mg/l (E13, E14) und 3,6239 mg/l (E11) liegen. Nach den Berechnungen mit ALTEX-1D wird der betrachtete Prüfwert von 0,1 µg/l am Sickerstrang bei E13 nach 20 Jahren und bei E14 nach 13 Jahren erreicht. Nach 15 Jahren beträgt die Summe der jährlichen Frachten ca. 0,01 g (E13) bzw. 0,71 g (E14). Umgerechnet auf eine Fläche von 100 m² und einer Sedimentmächtigkeit von 0,1 m ergibt sich durch die Einleitung der Autobahnabflüsse nach 15 Jahren eine zusätzliche Sedimentbelastung von ca. 0,001 mg/kg Zink bei E13 und ca. 0,055 mg/kg bei E14 (Werte wurden in Dok. 1 auf < 1 mg/(kg * 15 a) aufgerundet), die die Umweltqualitätsnorm von 800 mg/kg Zink deutlich unterschreiten.

Aufgrund der geringen Fracht und der regelmäßigen Räumung der Langenhalsener Wettern nach 15 Jahren ist eine Verschlechterung der chemischen Qualitätskomponente durch Zink in den Autobahnabflüssen für die LLUR-Messstelle sowie für die Einleitstellen E13 und E14 auszuschließen.

Zur Einleitstelle E11 erfolgt der Abfluss über ein Regenrückhaltebecken mit Regenklärbecken. Die Fracht im Zufluss zum Becken beträgt 26,794 kg/a, die Konzentration 1,4111 mg/l. Es wird für Zink aufgrund der Sorptionseigenschaften an Schwebstoffen und Sedimenten von einer Frachtminderung und damit auch einer Konzentrationsminderung von ca. 80 % ausgegangen. Bei einer Konzentration von 1,4111 mg/l am Zulauf des Beckens ergibt sich rechnerisch eine Konzentration von 0,2822 mg/l an Zink am Auslauf des Rückhaltebeckens. Bis zur Einleitstelle E11 in die Landweg-Wettern folgt nach dem Rückhaltebecken ein etwa 1 m breiter und 170 m langer Abflussgraben, in dem verbliebene, mit Zink belastete Schwebstoffe sedimentieren können. Aufgrund der Größe des Grabens mit ca. 170 m², des Bewuchses und der sehr geringen Strömungsgeschwindigkeit wird von einer weiteren Minderung von 50 % ausgegangen.

Damit wird rechnerisch an der Einleitstelle E11 eine Konzentration von 0,1411 mg/l bzw. eine Fracht von 2,679 kg/a erwartet. Die Landweg-Wettern ist aufgrund ihrer geringen Größe und intensiven Verlandung alle 3 Jahre zu räumen.

Bezogen auf das Sediment der Landweg-Wettern auf einer Fläche von 100 m² an der Einleitstelle steigt der Zinkgehalt innerhalb der 3 Jahre um 618 mg/kg zzgl. der Vorbelastung von 66 mg/kg. Damit liegt die erwartete Zinkbelastung an der Einleitstelle unterhalb der Umweltqualitätsnorm.

6.4 Ergebnisse für den Parameter Cadmium

Die Konzentrationen in den Autobahnabwässern vor Eintritt in das Entwässerungssystem werden für Cadmium je nach Einleitstelle und Einzugsgebiet zwischen 0,299 µg/l und 1,01 µg/l bei einer derzeitigen Vorbelastung in den Gewässern unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen. Für die Umweltqualitätsnorm kann aufgrund der vorliegenden Messungen (Eigenmessungen und LLUR-Messungen) zu Calcium und Sulfat unter Berücksichtigung der stöchiometrischen Verhältnisse und Molgewichte von Calcium zu Sulfat und Calcium zu Carbonat eine Calciumkarbonatkonzentration um 180 mg/l und damit die Wasserhärte Klasse 4 nach OGewV abgeschätzt werden. Es wird daher eine Umweltqualitätsnorm von 0,15 µg/l angesetzt.

Nach der Mischungsrechnung ergeben sich auch ohne Berücksichtigung von Sorption oder anderen Minderungsverfahren für die Einleitstellen und LLUR-Messstelle Konzentrationen zwischen 0,040 µg/l und 0,071 µg/l. Die Umweltqualitätsnorm von 0,15 µg/l wird damit deutlich unterschritten. Eine Verschlechterung des chemischen Zustandes durch Cadmium in den Autobahnabflüssen ist daher für die LLUR-Messstelle sowie für alle Einleitstellen auszuschließen.

6.5 Ergebnisse für den Parameter Nickel

Die Konzentrationen in den Autobahnabwässern vor Eintritt in das Entwässerungssystem werden für Nickel je nach Einleitstelle und Einzugsgebiet zwischen 0,233 µg/l und 0,784 µg/l bei einer derzeitigen Vorbelastung in den Gewässern um 3,00 µg/l bis 5,40 µg/l liegen. Aufgrund weiterer einzuleitender Wässer von unbelasteten Flächen ergibt sich an den Einleitstellen und an der LLUR-Messstelle eine Verdünnung der Nickelbelastung gegenüber der aktuell vorhandenen Vorbelastung.

Die Umweltqualitätsnorm für Nickel beträgt 4 µg/l bezogen auf den biologisch verfügbaren Anteil. Die Abschätzung des biologisch verfügbaren Anteils erfolgt nach [20] auf Grundlage der Konzentration von DOC und des pH-Wertes. Zum pH-Wert liegen Eigenmessungen (Mittelwerte pH-Wert zwischen 7,1 und 7,6) und zum DOC liegen Messungen des LLUR (Mittelwert 15 mg/l) vor. Damit wird der bioverfügbare Anteil mit 20 % abgeschätzt.

Nach der Mischungsrechnung ergeben sich auch ohne Berücksichtigung von Sorption oder anderen Minderungsprozesse für die Einleitstellen und LLUR-Messstelle bioverfügbare Konzentrationen bis etwa 1 µg/l. Die Umweltqualitätsnorm von 4 µg/l wird damit deutlich unterschritten. Eine Verschlechterung des chemischen Zustandes durch Nickel in den Autobahnabflüssen ist daher für die LLUR-Messstelle sowie für alle Einleitstellen auszuschließen.

6.6 Ergebnisse für den Parameter Naphthalin

Die Konzentrationen in den Autobahnabwässern vor Eintritt in das Entwässerungssystem werden für Naphthalin je nach Einleitstelle und Einzugsgebiet zwischen 0,127 µg/l und 0,4285 µg/l bei einer derzeitigen Vorbelastung in den Gewässern von bis zu 0,017 µg/l liegen. Die zu erwartenden Konzentrationen liegen damit etwas oberhalb der Vorbelastung, aber deutlich unterhalb der Umweltqualitätsnorm von 2 µg/l. Eine Verschlechterung des chemischen Zustandes durch Naphthalin in den Autobahnabflüssen ist daher für die LLUR-Messstelle sowie für die Einleitstellen E11 bis E14 auszuschließen.

6.7 Ergebnisse für den Parameter Benzo(a)pyren

Aus den Konzentrationen in den Autobahnabwässern vor Eintritt in das Entwässerungssystem werden für Benzo(a)pyren für jede Einleitstelle eine Mischrechnung durchgeführt, um die resultierende Gesamtkonzentration im Gewässer zu ermitteln.

Die derzeit gültige Umweltqualitätsnorm für Benzo(a)pyren beträgt 0,00017 µg/l. Diese Umweltqualitätsnorm entspricht der heute analytisch erreichbaren Bestimmungsgrenze für Benzo(a)pyren. Die Mischungsberechnungen für Benzo(a)pyren zeigen, dass die Konzentrationen an der Einleitstelle E14, auch schon ohne Berücksichtigung der Sorption, unterhalb der aktuell erreichbaren analytischen Bestimmungsgrenze liegen. Eine Verschlechterung des chemischen Zustandes durch Benzo(a)pyren an der LLUR-Messstelle sowie für die Einleitstelle E14 ist daher auszuschließen.

Für die Einleitstellen E11 und E13 ergeben sich dagegen in den Mischungsberechnungen, ohne Berücksichtigung der Sorption, möglicherweise Erhöhungen der Stoffkonzentrationen. Aus diesem Grund erfolgte für diese beiden Einleitstellen eine weitere Betrachtung unter Berücksichtigung von Sorptionsprozessen.

Abschätzung für E13

Nachfolgend erfolgt dies durch Berücksichtigung der Sickerpassagen bei der Einleitstelle E13. Hierzu erfolgt eine quantitative Sickerwasserprognose entsprechend mit den gleichen Randbedingungen wie bei Kupfer und Zink. Für Benzo(a)pyren wird jedoch ein Abbau mit einer Halbwertszeit von 2,411 Jahren angesetzt. Als Prüfwert wird die Umweltqualitätsnorm von 0,00017 µg/l verwendet. Aufgrund einer zu geringen Anzahl sichtbarer Dezimalstellen in der Excel-Anwendung sind der Wert sowie auch die Quellkonzentration in Dok. 2 nicht dargestellt.

Nach den Berechnungen mit ALTEX-1D wird der betrachtete Prüfwert (UQN) von 0,00017 µg/l am Sickerstrang unterhalb der Mulde nach ca. 1.970 Jahren erreicht. Aufgrund dieser geringen Konzentrationen im Zeitraum der in etwa zu erwartenden Betriebsdauer der Autobahntwässerung ist eine Verschlechterung des chemischen Zustandes durch Benzo(a)pyren in den Autobahnabflüssen für die Einleitstelle E13 auszuschließen.

Abschätzung für E11

Für die Abschätzung zu der Einleitstelle E11 erfolgt eine Berücksichtigung der Sorption an Schwebstoffe und Sedimente im Gewässer. Der Zufluss der Autobahnabflüsse zu der Einleitstelle E11 erfolgt über ein Regenrückhaltebecken in Kombination mit Regenklärbecken. Es wird für Benzo(a)pyren aufgrund der starken Sorptionseigenschaften von einer Frachtminderung und damit auch einer Konzentrationsminderung von 90 % ausgegangen. Bei einer Konzentration von 0,086274 µg/l am Zulauf des Beckens ergibt sich rechnerisch eine Konzentration von 0,0086274 µg/l an Benzo(a)pyren am Auslauf des Rückhaltebeckens. Bis zur Einleitstelle E11 in die Landweg-Wettern folgt nach dem Rückhaltebecken ein etwa 1 m breiter und 170 m langer Abflussgraben, in dem verbliebene, mit Benzo(a)pyren belastete Schwebstoffe sedimentieren können. Aufgrund der Größe des Grabens mit ca. 170 m², des Bewuchses und der sehr geringen Strömungsgeschwindigkeit wird von einer weiteren Minderung von 70 % ausgegangen.

Damit wird rechnerisch an der Einleitstelle E11 im Zulauf eine Konzentration von 0,002588 µg/l zzgl. der angenommenen Vorbelastung von 0,000085 µg/l erwartet. Die daraus resultierende Belastung mit Benzo(a)pyren von 0,000302 µg/l an der Einleitstelle liegt lokal über der Umweltqualitätsnorm von 0,00017 µg/l. Im weiteren Gewässerverlauf ist damit zu rechnen, dass die Konzentration durch Sorptionsprozesse im Gewässer und durch Verdünnung aufgrund von Zuflüssen weiter gemindert werden und bereits nach wenigen 10er Metern die Umweltqualitätsnorm deutlich unterschreiten. Die Landweg-Wettern ist aufgrund ihrer geringen Größe und intensiven Verlandung alle 3 Jahre zu räumen.

Die im Gewässersystem ablaufenden Sorptionsprozesse werden für Benzo(a)pyren am nachfolgenden Beispiel erläutert:

Der Verteilungskoeffizient zwischen organischem Kohlenstoff im Feststoff und Wasser (Log KOC) beträgt für Benzo(a)pyren ca. 5,896 l/kg, der KOC dann 787.045 l/kg. Die Messdaten des LLUR weisen für die Messstelle 120209 an der Langenhalsener Wettern einen organischen Kohlenstoffanteil um 10 % an den abfiltrierbaren Stoffen (Schwebstoffe) aus. Gemäß den nachfolgenden Formeln wird in diesem Fall das ca. 79.000-fache (Verteilungskoeffizient K_d) des in der Wasserphase gelösten Benzo(a)pyrens an den Schwebstoffen und Sedimenten adsorbiert und damit der Wasserphase entzogen.

$$C_s = K_d * C_w / 1.000 \quad \text{und} \quad K_d = C_{org} * K_{oc}$$

mit:

C_s : Konzentration im Sediment/Schwebstoff/Feststoff [mg/kg]

C_w : Konzentration im Wasser [μ g/l]

C_{org} : Anteil des organischen Kohlenstoffs im Feststoff [g/g]

K_d : Verteilungskoeffizient Feststoff - Wasser [l/kg]

K_{oc} : Verteilungskoeffizient organischer Kohlenstoff - Wasser [l/kg]

Aufgrund der regelmäßig fehlenden Strömung in den Marschengewässern ist davon auszugehen, dass ein ganz überwiegender Teil der Schwebstoffe absinken und sedimentieren wird. Eine Verschlechterung des chemischen Zustandes durch Benzo(a)pyren in den Autobahnabflüssen ist daher für die Landweg Wettern ebenfalls auszuschließen.

7 Bewertung

Für die Prognose der zukünftigen zusätzlichen Stoffbelastung durch den Betrieb der Autobahn wurden 9 Leitparameter ausgewählt:

Aus dem Tausalzeinsatz:

- Chlorid und
- Cyanide.

Aus der Gruppe der Metalle und Schwermetalle:

- Blei,
- Kupfer,
- Zink,
- Cadmium und
- Nickel.

Aus der Gruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK):

- Naphthalin und
- Benzo(a)pyren.

Die Ergebnisse zu den Parametern Chlorid und Cyanid aus dem Tausalzeinsatz werden im Bericht:

[23] OBERMEYER PLANEN + BERATEN GmbH (2017):

Abschätzung zur Veränderung der mittleren Chlorid- und Cyanidgehalte in den angrenzenden Gewässern infolge des Streusalzeinsatzes auf der A 20 (A20-Abschnitt Landesgrenze Niedersachsen / Schleswig-Holstein bis B 431).

dargestellt.

Für die Parameter:

- Blei (Anlage 8 OGewV),
- Kupfer (Anlage 6 OGewV),
- Zink (Anlage 6 OGewV),
- Cadmium (Anlage 8 OGewV),
- Nickel (Anlage 8 OGewV),
- Naphthalin (Anlage 8 OGewV) und
- Benzo(a)pyren (Anlage 8 OGewV)

haben die Berechnungen ergeben, dass an der repräsentativen Messstelle des LLUR an der Langenhalsener Wettern (LLUR-Messstelle 120209) für keinen der sieben Parameter Überschreitungen der jeweiligen Umweltqualitätsnorm auftreten. Eine Verschlechterung des chemischen Zustandes durch diese Parameter in den Autobahnabflüssen ist für die LLUR-Messstelle 120209 auszuschließen.

Während die Parameter Blei, Cadmium, Nickel, Naphthalin und Benzo(a)pyren – gemäß Anlage 8 der OGewV – zur Bewertung des chemischen Zustands an der repräsentativen LLUR-Messstelle herangezogen werden, erfolgt eine Heranziehung der Parameter Kupfer und Zink (Anlage 6 OGewV) zur Bewertung der chemischen Qualitätskomponente an der jeweiligen Einleitstelle.

Für den Parameter Blei zeigen die Mischungsberechnungen, dass es durch die Gesamtheit der zukünftigen Zuflüsse nur zur geringfügigen Konzentrationserhöhungen im Gewässersystem kommen wird, die unterhalb der aktuellen Bestimmungsgrenze von 0,001 mg/l liegen. Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen oder Verschlechterungen gegenüber dem Ist-Zustand sind auszuschließen.

Für die Parameter Cadmium und Nickel werden die Umweltqualitätsnormen auch ohne Berücksichtigung von natürlichen Minderungsprozessen deutlich unterschritten. Eine Verschlechterung des chemischen Zustandes durch diese Parameter ist daher auszuschließen.

Für den Parameter Naphthalin zeigen die Mischungsberechnungen, dass es durch die Gesamtheit der zukünftigen Zuflüsse zu Konzentrationsminderungen im Gewässersystem kommen wird. Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen oder Verschlechterungen gegenüber dem Ist-Zustand sind ebenfalls auszuschließen.

Für den Parameter Benzo(a)pyren sind durch Sorptionsprozesse und Filterung in der Sickerwasserpassage Konzentrationsminderungen bis zu den Einleitstellen E13 und E14 bis unter die analytische Bestimmungsgrenze zu erwarten. Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen oder Verschlechterungen gegenüber dem Ist-Zustand sind daher für Benzo(a)pyren nach den Sickerpassagen ebenfalls auszuschließen.

Bei dem Parameter Zink ist nach den Sickerpassagen an den Einleitstellen aufgrund der sehr geringen Fracht eine Überschreitung der Umweltqualitätsnorm auszuschließen. Verschlechterungen gegenüber dem Ist-Zustand sind daher für Zink nach den Sickerpassagen ebenfalls auszuschließen. Darüber hinaus erfolgt durch regelmäßige Grabenräumungen eine Reinigung der Gewässersohle.

Bei dem Parameter Kupfer ist nach den Sickerpassagen an den Einleitstellen E13 und E14 aufgrund der sehr geringen Frachten ebenfalls eine Überschreitung der Umweltqualitätsnorm auszuschließen. Darüber hinaus erfolgt durch regelmäßige Grabenräumungen alle 15 Jahre eine Reinigung der Gewässersohle.

Nach Durchfluss der Regenrückhalte- und Regenklärbecken (E11) sind für Blei, Kupfer und Benzo(a)pyren erhöhte zusätzliche Stoffbelastungen zu erwarten, die voraussichtlich zu einer lokalen Überschreitung der Umweltqualitätsnormen führen können.

Die bereichsweise an der Einleitstelle E11 prognostizierten Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen werden aufgrund der vorhandenen Verdünnungs- und Sedimentationsvorgänge nicht zu einer Überschreitung der Umweltqualitätsnormen an der LLUR-Messstelle 120209 führen.

Hamburg, 11.08.2017

R. Dési
(Projektleitung und
Geschäftsführung)