

PLANFESTSTELLUNGSVERFAHREN

A 20 NORDWEST-UMFAHRUNG HAMBURG

Abschnitt Landesgrenze Niedersachsen/Schleswig-Holstein bis B 431

Daten zur Bewertung der Toxizität von betriebsbedingten
Einleitstoffen der Autobahntwässerung auf
Makrozoobenthos, Fische (WRRL)

für den Fachbeitrag Wasserrahmenrichtlinie zur Überprüfung der
Vereinbarkeit des Vorhabens mit den Bewirtschaftungszielen nach
§§ 27 und 47 WHG im Hinblick auf den geplanten Neubau der A 20.

Auftraggeber: Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr
Schleswig-Holstein (LBV-SH)
Niederlassung Itzehoe
Breitenburger Straße 37, 25524 Itzehoe

Auftragnehmer: Büro Michael Neumann
Dipl.-Biol. Michael Neumann
Schillstr. 1
24118 Kiel
Tel. 0431 801958
Fax: 0431 804830
Mail: Fibio.neumann@kielnet.net

Kiel, Juli 2017

Inhaltsverzeichnis

1. Auftragsbeschreibung	4
2. Methodik	5
2.1. Betrachtete Parameter	5
2.2. Datensammlung	5
2.3. Begriffserläuterungen.....	5
2.4. Übertragung auf das Ökosystem	6
3. Ergebnisse	7
3.1. Schadstoffe aus Tausalzeinsatz.....	7
3.1.1. Chlorid	7
3.1.2. Cyanide.....	7
3.2. Schadstoff aus KFZ-Betrieb	8
3.2.1. Schwermetalle.....	8
4. Zusammenfassende Darstellung der Toxizitätswerte	10
5. Quellennachweise	11

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Angaben zu LC₅₀ und NOEC-Werten der ausgewählten Leitparameter (nach BWS 2017) für Fische und Invertebraten (hier aquatische Wirbellose).10

Abkürzungsverzeichnis

°dH	deutscher Härtegrad: $1^{\circ}\text{dH} \approx 0,14 \times [\text{Ca-Wert in mg/l}] + 0,23 \times [\text{Mg-Wert in mg/l}]$
LANU	Landesamt für Natur und Umwelt
LC ₅₀	Median Lethal Concentration: Letalkonzentration im Wasser, bei der 50 % der Versuchsorganismen innerhalb eines bestimmten Beobachtungszeitraumes (zumeist 96 h) sterben.
MZB	Makrozoobenthos
NOEC	No Observed Effect Concentration: Höchste Konzentration eines Stoffes, die auch bei andauernder Aufnahme keine erkennbaren und messbaren Wirkungen hinterlässt.
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik vom 23.10.2000, zuletzt geändert am 17.12.2013)

1. Auftragsbeschreibung

Im Rahmen der Planung der A 20, Nord-West-Umfahrung Hamburg, Abschnitt Landesgrenze Niedersachsen/Schleswig-Holstein bis B 431, ist ein Fachbeitrag zur Wasserrahmenrichtlinie zur Vereinbarkeit des Vorhabens mit den Bewirtschaftungszielen nach §§ 27 und 47 WHG (WRRL-Fachbeitrag) zu erstellen. Ein Teilaspekt dieses Berichtes ist die Beurteilung der Wirkung von betriebsbedingten Einleitstoffen (Tausalze und Schadstoffe aus KFZ-Betrieb) auf die biologischen Qualitätskomponenten, hier der Fischfauna und des Makrozoobenthos der Gewässer.

Im vorliegenden Bericht werden anhand einer Literaturrecherche Daten zur biogenen Wirkung relevanter Schadstoffe (Leitparameter in der Autobahntwässerung) dargestellt.

Beauftragt wurde der Bericht vom Landesbetriebes Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein (LBV-SH), Niederlassung Itzehoe.

2. Methodik

2.1. Betrachtete Parameter

Die Auswahl der zu betrachtenden Stoffe wurde vom Auftraggeber in Abstimmung mit dem Büro BWS (2017) festgelegt. Es handelt sich um die sogenannten Leitparameter der Autobahntwässerung und beinhaltet folgende Stoffe:

- a) Schadstoffe aus Tausalzeinsatz
 - Chlorid
 - Cyanide

- b) Schadstoffe aus KFZ-Betrieb:
 - Kupfer
 - Zink

2.2. Datensammlung

Die Ermittlung der Toxizitätswerte erfolgte über eine Literaturrecherche. Hinsichtlich des Themas wurden öffentlich zugängliche Fachartikel und Fachgutachten (Bibliotheks- bzw. Internetrecherchen) gesichtet und ausgewertet. Die verwendeten Quellen sind dem Kapitel 5 „Quellennachweis“ zu entnehmen.

Der Bericht beinhaltet eine reine Ergebnisdarstellung der aus der Literatur ermittelten Toxizitätswerte (akute bzw. Langzeittoxizität) für die zu betrachtenden Parameter (siehe Kapitel 2.2).

2.3. Begriffserläuterungen

Toxizitätsstudien beinhalten die chemischen Konzentrationen oder Verabreichungsmengen der untersuchten Substanzen, Angaben über beobachtete Wirkungen und Dauer der Aussetzung und beziehen sich in der Regel auf einen speziellen toxikologischen Endpunkt.

Verwendete Endpunkte sind:

Kurzzeittoxizität:

- **LC₅₀** – Median Lethal Concentration: Letalkonzentration im Wasser, bei der 50 % der Versuchsorganismen innerhalb eines bestimmten Beobachtungszeitraumes (zumeist 96 h) sterben.

Aussagekraft von LC₅₀ Werten (Zitate aus FENT 2013):

1. LC₅₀ Werte sind keine biologischen Konstanten, sondern Richtgrößen, da sie von biotischen und abiotischen Faktoren mitbeeinflusst werden.
2. LC₅₀ Werte sind variabel zwischen verschiedenen Spezies und verschiedenen Lebensstadien derselben Spezies
3. LC₅₀ Werte können als alleiniges Maß der Ökotoxizität eines Stoffes nicht beschreiben. Sie lassen eine Beurteilung der akuten, nicht aber der chronischen Toxizität zu

Langzeittoxizität (chronische Toxizität)

- **NOEC** – No Observed Effect Concentration: Höchste Konzentration eines Stoffes, die auch bei andauernder Aufnahme keine erkennbaren und messbaren Wirkungen hinterlässt.

Im Falle von Einleitungen sind für die Extremwerte („worst case“-Szenario) die Kurzzeitwerte (LC_{50}) anzuwenden, da diese nur wenige Stunden auf das entsprechende Gewässersystem einwirken, für angegebene Mittelwerte entsprechend die Werte für die Langzeittoxizität (NOEC).

2.4. Übertragung auf das Ökosystem

Ein großer Teil der Studien über den Einfluss von Einzelchemikalien auf Organismen wurde mittels ökotoxikologischen Labortestmethoden durchgeführt. Diese finden unter standardisierten Bedingungen statt, es bleibt aber offen, inwieweit diese Bedingungen auf die Freilandverhältnisse übertragbar sind. Auch wurden bzgl. der Fische die Tests häufig an Salmoniden (Regenbogenforellen) oder Arten aus dem nordamerikanischen Faunengebiet durchgeführt. Werte für heimische Arten sind kaum zu finden, was die Übertragung auf die Verhältnisse in die zu betrachtenden Gewässersysteme, in denen vorzugsweise Weißfische (Cypriniden) vorkommen, schwierig macht. Soweit möglich wurde deshalb versucht insbesondere Angaben zu den Fischarten, die im Gewässersystem (vergleiche NEUMANN 2016) vorkommen darzulegen.

Noch schwieriger war es Tests bzw. Angaben zur Toxizität der betrachteten Leitparameter im Hinblick auf das Makrozoobenthos (hier vor allem die im zu betrachtenden Gewässersystem vorwiegend vorkommenden Muscheln, Schnecken, Käfer und Wanzen, vergl. HOLM & NEUMANN 2016) zu finden, hier konnten teilweise keine Daten ermittelt werden.

Nach FENT (2013) ist es generell besser Toxizitätsbereiche anzugeben, die die Speziesunterschiede berücksichtigen.

In einer Zusammenfassung (Kapitel 4) werden, anhand der ermittelten Daten, Toxizitätsbereiche (LC_{50} , NOEC) für die einzelnen Parameter (wenn möglich) dargelegt.

3. Ergebnisse

Im Folgenden werden anhand einer Literaturrecherche Angaben zur akuten (LC_{50}) und Langzeit-Toxizität (NOEC) der obengenannten Leitparameter in Hinblick auf die aquatische Fauna (Makrozoobenthos und Fische) zusammengestellt, soweit solche Daten zugänglich bzw. vorhanden waren.

Wie schon im Methodikteil erwähnt beziehen sich die folgenden Angaben auf Organismen, die auch im Planungsgebiet vorkommen bzw. verwandte Arten (vor allem bei MZB) aus anderen Faunengebieten.

3.1. Schadstoffe aus Tausalzeinsatz

3.1.1. Chlorid

Angaben zur Wirkung des Chlorids auf Makrozoobenthos und Fische finden sich in den Berichten von HOLM/NEUMANN 2016 und NEUMANN 2016, auf die an dieser Stelle verwiesen wird.

Zusammenfassend ist in diesem Zusammenhang festzustellen, dass die im Gewässersystem des Planungsgebietes vorkommenden Fisch- und Makrozoobenthos-Arten eine hohe Salztoleranz (bezogen auf Chlorid) aufweisen. So sind für die Fische Werte <1.000 mg/l und für die vorkommenden Zoobenthosarten <300 mg/l unkritisch.

3.1.2. Cyanide

Zitat aus der Chloridstudie (Literaturrecherche) von WOLFRAM ET AL. (2014): „Als Antirückmittel werden meist Additive auf Ferrocyanidbasis eingesetzt, wie Gelbnatron (Natriumhexacyanoferrat (II), $Na_4[Fe(CN)_6]$) oder Gelbes Blutlaugensalz ($K_4[Fe(CN)_6]$). Nach BOLLER & BRYNER (2011) sind die gut wasserlöslichen Eisencyanidsalze in ihrer stabilen Komplexform nicht sehr toxisch, allerdings wird schätzungsweise 50% unter Lichteinwirkung zum Cyanwasserstoff photooxidiert, welches wiederum sehr toxisch ist. Damit ist ein grundsätzliches Risiko zur Freisetzung von Cyanid verbunden (Environment Canada 2001; RAMAKRISHNA & VIRARAGHAVAN 2005). In einer Studie von PANDOLFO ET AL. (2012) waren die Auswirkungen der Ferrocyanidzusätze allerdings vernachlässigbar im Vergleich zur Wirkung des Natriumchlorids. Die Autoren vermuten, dass das Cyanid aufgrund der sehr geringen Mengen höchstwahrscheinlich keine signifikante Bedrohung für aquatische Organismen darstellt. Diese Einschätzung teilen auch BOLLER & BRYNER (2011)“.

Zur Toxizität von Cyaniden (CN⁻) wurden folgende Angaben (Auswahlkriterium möglichst heimische bzw. im Planungsgebiet vorkommende Arten) gefunden:

Fische:

- ADAM (2002): 0,025 bis 0,05 mg/l sind für Fische tödlich (ohne weitere Angabe, ob das z.B. ein LC_{50} -Wert ist). LC_{50} : Flussbarsch 0,1 mg/l, Plötze 0,11 mg/l
- DZOMBAK et al. (20015): Goldfisch (juvenil) LC_{50} : 0,318 mg/l (96h), Plötze juvenil LC_{50} : 0,108 mg/l (96h),
- EISLER (1991): NOEC: 0,005 bis 0,0072 mg/l, LC_{50} : 0,02 bis 0,076 mg/l

Makrozoobenthos:

- DZOMBAK et al. (20015): *Dytiscus sp.* (Wasserkäfer) LC₅₀: 0,246 -0,259 mg/l (96h), *Lymnaea lateolas* (Wasserschnecke) LC₅₀: 1,316 -1,342 mg/l (96h), *Physa heteromorpha* (Wasserschnecke) LC₅₀: 0,432 mg/l (96h)
- EISLER (1991): aus Datensätzen bis 1990 abgeleitete Werte: NOEC: 0,018 bis 0,0043 mg/l, LC₅₀: 0,03 bis 0,1 mg/l

3.2. Schadstoff aus KFZ-Betrieb

3.2.1. Schwermetalle

Vorbemerkung:

Die Toxizität von Schwermetallen ist unter anderem vom pH-Wert und der Wasserhärte abhängig, wobei niedrige pH-Werte und eine geringe Wasserhärte die toxische Wirkung der Schwermetall-Ionen deutlich erhöht. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass im Gewässersystem des Planungsgebietes der pH-Wert deutlich im basischen Bereich (>7) und die Wasserhärte bei etwa 15°dH (= hart, umgerechnet aus vorliegenden Ca²⁺-Werten, LANU 2008) liegt.

3.2.1.1. Kupfer

Kupfer bildet im Wasser eine Vielzahl von Komplexen und adsorbiert zu einem großen Teil an organischen Partikeln. Das Verhalten von Kupfer wird vor allem vom pH-Wert und der Wasserhärte bestimmt. Nur in Gewässern mit niedrigem pH-Wert (<7) und geringer Wasserhärte liegt ein erheblicher Kupferanteil als freies Cu²⁺-Ion vor, dem die höchste Toxizität zugeschrieben wird.

Zur Toxizität von Kupfer wurden folgende Angaben (Auswahlkriterium möglichst heimische bzw. im Planungsgebiet vorkommende Arten) gefunden:

Fische

- ADAM (2002): 0,3 bis 0,9 mg/l sind für Fische tödlich (ohne weitere Angabe, ob das z.B. ein LC₅₀-Wert ist).; für Fischbrut liegt der Wert bei 0,1 mg/l .Schädigungen (Grad?) z.B. für Karpfenbrut treten schon bei Konzentrationen von 0,003 mg/l
- DE BOECK et al. (2004) LC₅₀: Karpfen 0,661 mg/l, Giebel 1,398 mg/l
- ECETOC (2003): Süßwasserfische LC₅₀ 0,2 mg/l, NOEC 0,03 mg/l (Werte sind Mittelwerte, Datenbasis: 57 weltweit erhobene Datensätze, u.a. auch Arten aus den nordamerikanischen Faunenbereich)
- EISLER (1998): Goldfisch LC₅₀: 0,036 bis 0,368 mg/l (abhängig von der Wasserhärte)
- KÖCK 1996: Sensibilität: Salmoniden>Cypriniden>Perciformes; schon 0,1 mg/l sind für Fische schädlich. Die LC₅₀-Werte liegen für den Flussbarsch bei 0,3 mg/l und für die Rotfeder bei 0,6 mg/l.
- ROUSSEL, H. et al. (2007): Dreistachliger Stichling NOEC 0,025mg/l
- SVOBODOVA et .al (1993): NOEC 0,001- 0,01, Datenbasis unklar

Makrozoobenthos

- AQUAPLUS (2011): Bachflohkrebs (*Gammarus pulex*) 0,07 mg/l (subletal), Schlammschnecke (0,003 mg/l tödlich bei Dauerexposition)
- EISLER (1998): Süßwasserschnecke (*Physa*) LC₅₀: 0,039 mg/l
- JOACHIM, S. (2017): aquatische Invertebraten-Lebensgemeinschaft (Süßwasser): NOEC 0,005 mg/l
- PETRAUSKIENE (2008): Med. Egel LC₅₀ 0,84 mg/l (96h)
- TAYLOR et al. (1991): *Gammarus pulex* (Bachflohkrebs) LC₅₀: 0,037 mg/l, *Chironomus riparius* (Zuckmücke) LC₅₀: 0,07 mg/l
- YOUNG (2005): juvenile Unioniden (Großmuscheln) LC₅₀ 0,08 mg/l (Wert für mäßig [?] hartes Wasser)

3.2.1.2. Zink

Das Verhalten von Zink wird vor allem vom pH-Wert und der Wasserhärte bestimmt. KÖCK (1996) schlägt aus fischbiologischer Sicht Grenzwerte (NOEC) von 0,01-0,05 mg/l Zn/l (gelöst) für Gewässer mit neutralem bis basischem pH-Wert und mittlerer Wasserhärte vor.

Zur Toxizität von Zink wurden folgende Angaben (Auswahlkriterium möglichst heimische bzw. im Planungsgebiet vorkommende Arten) gefunden:

Fische

- ADAM (2002): Fischbrut 0,001 mg/l (schädigend bis tödlich), Karpfen 0,3 mg/l schädigend (keine Angaben zu LC₅₀ oder NOEC-Werten)
- BODAR (2007): Karpfen LC₅₀ 7,8 mg/l (96 h)
- ECETOC (2003): Süßwasserfische LC₅₀ 1,5 mg/l, NOEC 0,4 mg/l (Werte sind Mittelwerte, Datenbasis: 22 weltweit erhobene Datensätze, u.a. auch Arten aus den nordamerikanischen Faunenbereich)
- EISLER (1993): NOEC 0,01-0,025 mg/l
- KÖCK 1996: Brassen LC₅₀ 14,3 mg/l (96h), Goldfisch LC₅₀ 6,44 mg/l (96 h), Plötze LC₅₀ 17,3 mg/l (120 h); NOEC 0,01-0,05 mg/l
- SVECEVICIUS, G. (1999): LC₅₀ (96 h): Dreistachliger Stichling 4,82 mg/l, Plötze 11,37 mg/l, Flussbarsch 6,94 mg/l, Hasel 10,03 mg/l
- SVOBODOVA et .al (1993): 0,5 bis 1 mg/l letal für Cypriniden (karpfenartige Fische), Datenbasis unklar; keine Angaben zu LC₅₀ Werten.

Makrozoobenthos:

- BODAR (2007): *Dreissena polymorpha* (Dreikantmuschel): NOEC: 0,4 mg/l
- EISLER (1993): Süßwasserschnecke (*Lymnaea*): LC₅₀ adult 1,68 mg/l (96 h), Egel (*Erpobdella*) LC₅₀ juvenil 2,1 mg/l (96 h), adult 8,8 mg/l (96 h)
- PETRAUSKIENE (2008): Med. Egel LC₅₀ 15,83 mg/l (96h)
- YOUNG (2005): juvenile Unioniden (Großmuscheln) LC₅₀ 0,5 mg/l (Wert für mäßig [?] hartes Wasser)

4. Zusammenfassende Darstellung der Toxizitätswerte

In der folgenden Tabelle werden die LC₅₀- Werte (Toxizitätsbereich, abgeleitet aus Literaturquellen) und die NOEC-Werte der ausgewählten Leitparameter zusammenfassend dargestellt.

Es wurde versucht möglichst Werte bzw. Toxizitätsbereich für die im Gebiet relevanten Arten (Fische: Cypriniden, Barsch, Hecht; MZB Muscheln, Schnecken, Käfer und Egel) einzubeziehen.

Tabelle 1: Angaben zu LC₅₀ und NOEC-Werten der ausgewählten Leitparameter (nach BWS 2017) für Fische und Invertebraten (hier aquatische Wirbellose).

Tausalzzusatz		LC ₅₀ mg/l	NOEC mg/l			zugrunde gelegte Quelle
Cyanid (freies CN ⁻)	Fische	0,02-0,076	0,005-0,0072			1, 7, 9
	Invertebraten (MZB)	0,03-0,4	0,018-0,043			7, 9
Schwermetalle		LC ₅₀ mg/l	NOEC mg/l	pH-Abhängigkeit	Gesamthärte-Abhängigkeit	
Kupfer (Cu ²⁺)	Fische	0,3-0,6	<0,025	ja, pH< 7 wirkt verstärkend	ja, weiches Wasser wirkt verstärkend	5, 16, 20
	Invertebraten (MZB)	0,04-0,08	<0,005			2, 11, 15, 24, 27
Zink (Zn ²⁺)	Fische	4,8-11,4	0,01-0,05	ja, pH< 7 wirkt verstärkend	ja, weiches Wasser wirkt verstärkend	3, 10, 16, 22
	Invertebraten (MZB)	0,5-2	0,01-0,025			3, 16, 27

5. Quellennachweise

- (1) ADAM, B. (2002): Fischereilich relevante Grenz- und Richtwerte. Ein Tabellenwerk zur Beurteilung chemisch/physikalischer Wasseruntersuchungen. Institut für angewandte Ökologie (unveröff. Manuskript).
- (2) AQUAPLUS (2011): Straßenabwasser in der Schweiz. Literaturarbeit und Situationsanalyse Schweiz hinsichtlich gewässerökologischer Auswirkungen (Immissionen). Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)
- (3) BODAR, C.W.M. (2007): Environmental Risk Limits for Zinc. RIVM letter report 11235/2007
- (4) Bws (2017): Neubau der BAB A 20, Elbquerung bei Glückstadt bis B431. Prognose der durch den Autobahnbetrieb zusätzlich zu erwartenden Stoffbelastung in den Oberflächengewässern. Auftraggeber: Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein (LBV-SH), Niederlassung Itzehoe
- (5) DE BOECK, G. WOUTERS, M., DECOEN, W. & R. BLUST (2004): Tissue-specific Cu bioaccumulation patterns and differences in sensitivity to waterborne Cu in three freshwater fish: rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), common carp (*Cyprinus carpio*) and gibel carp (*Carassius gibelio*). *Aquatic Toxicology* 70; S. 179-188
- (6) DIEDRICH, D. R. (1995): Kritische Beurteilung der ökotoxikologischen Aussagekraft von Schwermetallanalysen in Fischen aus schweizerischen Gewässern. *Mitteilungen aus dem Gebiet der Lebensmitteluntersuchungen und Hygiene* (86), S. 213-225
- (7) DZOMBAK, D. A., R.S. GHOSH & G.M. WONG-CHONG (2005): Cyanide in Water and Soil. *Chemistry, Risk and Management*. CRC Taylor & Francis,
- (8) ECETOC (European Centre for Ecotoxicology and Toxicology and Chemicals) 2003: Aquatic Hazard Assessment II. Technical report No. 91
- (9) EISLER, R. (1991): Cyanide Hazards to Fish, Wildlife and Invertebrates: A Synoptic Review. *Biological Report 85 (1.2.3)*, U.S. Fish and Wildlife Service Patuxent Wildlife Research Center
- (10) EISLER, R. (1993): Zinc Hazards to Fish, Wildlife and Invertebrates: A Synoptic Review. *Biological Report 10 Contaminant Hazard Reviews April 1993 Report 26*, U.S. Department of the Interior Fish and Wildlife Service Patuxent Wildlife Research Center.
- (11) EISLER, R. (1998): Copper Hazards to Fish, Wildlife and Invertebrates: A Synoptic Review. *Biological Science Report USGS/BRD/BSR--1997-0002 Contaminant Hazard Reviews January 1998 Report No. 33*. Patuxent Wildlife Research Center U.S. Geological Survey.
- (12) FENT, K. 2013: *Ökotoxikologie* 4. Auflage, Thieme Verlag.
- (13) GOVIND, P. (2013): Toxicity of cyanide in fishes; an overview. *Universal Journal of Pharmacy*.
- (14) HOLM, U. & M. NEUMANN (2016): Erfassung des Makrozoobenthos in Gewässern der Kollmarer Marsch für den Fachbeitrag zur Wasserrahmenrichtlinie zur Vereinbarkeit des Vorhabens mit den Bewirtschaftungszielen nach §§ 27 und 47 WHG im Hinblick auf den geplanten Neubau der A20. Auftraggeber:

- Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein (LBV-SH),
Niederlassung Itzehoe
- (15) JOACHIM, S., ROUSSEL, H., BONZOM J-M., THYBAUD, E., MEBANE, C.A., VAN DEN BRINK, P. & L. GAUTHIER (2017): A long-term copper exposure on freshwater ecosystem using lotic mesocosms, Invertebrate community responses. *Environmental Toxicology and Chemistry*.
- (16) KÖCK, G. (1996): Die toxische Wirkung von Schwermetallen auf Fische. *Handbuch Angewandte Limnologie* 11/96
- (17) LANU (2008): Gewässerbeobachtung Zahlentafel 2006
- (18) NEUMANN, M. (2016): Datensammlung zur Salz- bzw. Chloridtoleranz von Süßwasserfischen für den Fachbeitrag zur Wasserrahmenrichtlinie zur Vereinbarkeit des Vorhabens mit den Bewirtschaftungszielen nach §§ 27 und 47 WHG im Hinblick auf den geplanten Neubau der A20. Auftraggeber: Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein (LBV-SH), Niederlassung Itzehoe
- (19) PETRAUSKIENE, L. (2008): Lethal effects of Zn, Cu and their mixture on the medicinal leech (*Hirudo verbena*) *Ecologija* Vol. 54, 77-80
- (20) ROUSSEL, H., S. JOACHIM, S., LAMOTHE, O., PALLUEL, L. GAUTHIER & J-M. BONZOM (2007): A long-term copper exposure on freshwater ecosystem using lotic mesocosms; Individual and population response of three-spined Sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). *Aquatic Toxicology* Vol. 82,4
- (21) SCHRENK-BERGT, C. (2005): Schadstoffe in Muscheln – Nachweismethoden und Wirkungen. *Handbuch Angewandte Limnologie* 05/2005
- (22) SVECEVICIUS, G. (1999): Acute toxicity of zinc to common freshwater fishes of Lithuania, *Acta Zoologica Lituanica*.
- (23) SVOBODOVÁ, Z.; LOYD, R.; MÁCHOVÁ, J. VYKUSOVÁ, B. (1993): Water quality and fish health. *EIFAS Technical Papers* No. 54, 59pp.
- (24) TAYLOR, E. J., S.J. MAUND & D. PASCOE (1991): Toxicity of four common pollutants to freshwater macroinvertebrates *Chironomus riparius* Meigen (Insecta:Diptera) and *Gammarus pulex* (L.) (Crustacea: Amphipoda). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 21, 371-376
- (25) WOLFRAM, G., RÖMER, J., HÖRL, C., STOCKINGER, W., RUZICKA, K., & MUNTEANU, A. (2014): Chlorid-Studie. Auswirkungen von Chlorid auf die aquatische Flora und Fauna, mit besonderer Berücksichtigung der Biologischen Qualitätselemente im Sinne der EU-WRRL. Hrsg.: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Abteilung IV/3 – Nationale und internationale Wasserwirtschaft Wien.
- (26) WOODY, C.A. (2013): "Web of Science" Annotated Literature Review for Copper Toxicity in Aquatic Systems. The Southwest Alaska Salmon Habitat Partnership
- (27) YOUNG, M. (2005): A literature review of the water quality requirements of the freshwater pearl mussel (*Magaritifera margaritifera*) and related freshwater bivalves. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 084
- (28) <http://www.lenntech.com/aquatic/anions-cyanide.htm>
- (29) <http://www.cyanidecode.org>