



## ENDBERICHT

**Titel:** **Beurteilung der Belastungssituation  
und Sanierungsmöglichkeiten des  
Landgrabens**

**Datum:** 23.06.2021

---

**Auftraggeber:** Regierungspräsidium Darmstadt

**Auftrag vom:** 24.04.2020

**Auftragnehmer:** **Planungsbüro Koenzen Wasser und Landschaft,  
Hilden**

Herr Dr. Koenzen (Projektleitung)

Frau Kimmerle (Projektbearbeitung)

In Zusammenarbeit mit:

**ahu GmbH Wasser · Boden · Geomatik, Aachen**

Frau Rosen (Projektbearbeitung)

Herr Lieser (Projektbearbeitung)

Herr Müller (Qualitätssicherung)

**Aktenzeichen:** 20093 / DALA

**Ausfertigung Nr.:** PDF

---

## INHALT

1	ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG	1
2	BESTANDSAUFNAHME	3
2.1	Vorhandene Literatur	3
2.2	Einordnung des Untersuchungsgebietes	5
2.2.1	Geografie	5
2.2.2	Geologie / Hydrogeologie	6
2.2.3	Abflusssituation	7
2.3	Bewertungsmaßstäbe	7
2.3.1	Oberflächenwasser	8
2.3.2	Grundwasser und Trinkwasser	8
2.3.3	Bewirtschaftungsziele und Maßnahmenplanung	12
3	ZUSAMMENSTELLUNG DER ERGEBNISSE	14
3.1	Untersuchungshistorie, Messstellen und Untersuchungspunkte	14
3.2	Beschreibung der Belastungen im Oberflächengewässer	18
3.2.1	Schwermetalle	18
3.2.2	PAK – polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	21
3.2.3	PCB – polychlorierte Biphenyle	22
3.2.4	Organische Schadstoffe	22
3.2.5	Weitere Spurenstoffe	24
3.2.6	Vergleichbarkeit der Belastung der verschiedenen Kompartimente	26
3.2.7	Hauptkontaminationsbereiche	26
3.2.8	Ökologischer und chemischer Zustand des Landgrabens	29
3.2.9	Ursachen der Belastung	35
3.2.10	Mögliche Gefährdung des Grundwassers (hydraulische Situation)	37
3.3	Beschreibung der Belastungen im Grundwasser im Abstrom des Landgrabens	40
3.3.1	Schwermetalle	40
3.3.2	Hexachlorcyclohexan (HCH)	42
3.3.3	Per- und polyfluorierte (PFC)	42
3.3.4	Dikegulac (DAG)	42
3.3.5	Weitere Spurenstoffe	43

4	AUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNGEN IM JAHR 2020	44
4.1	Untersuchungsumfang	44
4.2	Ergebnisse aus dem orientierenden Messprogramm 2020	45
4.2.1	Vorbemerkung	45
4.2.2	Oberflächennahe Proben	46
4.2.3	Horizontierte Proben	49
4.3	Prüfung auf Vergleichbarkeit der Ergebnisse	50
4.4	Vergleich Ergebnisse Sediment	51
5	BEWERTUNG	54
5.1	Bewertung Oberflächenwasser	54
5.2	Bewertung Sediment	55
5.3	Bewertung Boden	59
5.4	Abfalltechnische Bewertung	62
5.5	Bewertung Grundwasser	63
5.6	Trinkwassergewinnung (WW Dornheim)	69
6	HANDLUNGSOPTIONEN	70
6.1	Option 1: „Umfassende Sanierung und gewässerökologische Entwicklung des Landgrabens“	70
6.2	Option 2: „Belassen der belasteten (Fein-)Sedimente ohne gewässerökologische Entwicklung des Landgrabens“	71
6.3	Kostenvergleich der Optionen 1 und 2	73
6.4	Beurteilung der Handlungsoptionen und Empfehlungen mit Hilfe einer SWOT-Analyse	74
6.4.1	SWOT-Analyse zur Option 1	74
6.4.2	SWOT-Analyse zur Option 2	75
7	EMPFEHLUNG	77
7.1	Oberflächenwasser	77
7.2	Boden / Umgang mit den Sedimenten	77
7.3	Grundwasser	78

## ABBILDUNGEN:

Abb. 1:	Untersuchungsgebiet, Gewässerabschnitt Landgraben	1
Abb. 2:	Übersichtskarte, gesamtes Schwarzbachgebiet	6
Abb. 3:	Messstellen des Langzeitüberwachungsprogramms 1997-1999	15
Abb. 4:	Probenahmestellen der Schwebstoffuntersuchungen	16
Abb. 5:	Probenahmestellen der Sedimentuntersuchungen	16
Abb. 6:	Untersuchungspunkte des Landgrabenwassers	17
Abb. 7:	Vorhandene Grundwassermessstellen des LGD	17
Abb. 8:	Aktuelle Schadstoffentwicklung im Landgrabenwasser (filtrierte Proben)	20
Abb. 9:	Aktuelle PAK-Entwicklung im Landgrabenwasser (unfiltrierte Proben)	22
Abb. 10:	HCH-Konzentrationen im Landgrabenwasser (unfiltrierte Proben)	23
Abb. 11:	Dikegulac-Konzentrationen im Landgrabenwasser (Untersuchungen 2019)	23
Abb. 12:	Entwicklung ausgewählter Spurenstoff-Konzentrationen im Landgrabenwasser (unfiltrierte Proben, Messstelle Trebur)	25
Abb. 13:	Aktuelle Zink-Entwicklung im Landgrabenwasser (Schwebstoffprobe) an der repräsentativen Messstelle 124	32
Abb. 14:	Aktuelle Triclosan-Entwicklung im Landgrabenwasser (Wasserprobe) in der repräsentativen Messstelle 109	33
Abb. 15:	Aktuelle Fluoranthen-Entwicklung im Landgrabenwasser (Wasserprobe) an der repräsentativen Messstelle 109	33
Abb. 16:	Aktuelle Benzo(ghi)perylen-Entwicklung im Landgrabenwasser (Wasserprobe) an der repräsentativen Messstelle 109	34
Abb. 17:	Infiltrationsraten im Bereich der untersuchten Landgrabenstrecke	37
Abb. 18:	Statistische Auswertung von Infiltration/Drainage des Bachs zwischen 1998 und 2000	38
Abb. 19:	Grundwassermodell nach BGS (2004)	38
Abb. 20:	Grundwassergleichen im Umfeld Darmbach, Landwehr und Landgraben bei niedrigem Grundwasser Okt 1993 mit möglichen Infiltrationsstrecken	39
Abb. 21:	Schwermetallkonzentrationen im Grundwasserabstrom des Landgrabens	41
Abb. 22:	Spurenstoffnachweise im Grundwasser	43
Abb. 23:	Sediment-Untersuchungspunkte 2020 und 2002	44

**TABELLEN:**

Tab. 1:	Bewertungsgrundlagen der Spurenstoffe gem. Projektbericht Kläranlageneinleitungen des HLNUG, 2016	10
Tab. 2:	Kenndaten des Oberflächenwasserkörpers Landgraben / Griesheim DEHE_23986.1	12
Tab. 3:	Maßnahmen für den Oberflächenwasserkörper Landgraben/Griesheim	12
Tab. 4:	Tabellarische Übersicht der Untersuchungshistorie seit 1990	14
Tab. 5:	Statistische Übersicht der Schwebstoff- und Sedimentanalysen (Sondermessprogramm 2002, Schwermetalle)	19
Tab. 6:	Statistische Übersicht der Schwebstoff- und Sedimentanalysen (Sondermessprogramm 2002, PAK)	21
Tab. 7:	Statistische Übersicht der Schwebstoff- und Sedimentanalysen (Sondermessprogramm 2002, PCB)	22
Tab. 8:	Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchung 2002	27
Tab. 9:	Ergebnisse der Sedimentuntersuchung 2002	28
Tab. 10:	Bewertungsergebnisse nach den Bewertungsmethoden Perloides, fiBs und Phylib für die Biota im DEHE 23986.1 Landgraben/Griesheim	29
Tab. 11:	Übersicht der Bewertung der Qualitätskomponenten zur Beurteilung des ökologischen und chemischen Zustands des Landgraben/Griesheim (OFWK DEHE_23986.1)	30
Tab. 12:	Zuflüsse und Einleitung in das Darmbach/Landgrabensystem unterhalb der ZKA Darmstadt	36
Tab. 13:	Vergleich der Landgraben-Abstromkonzentrationen (Schwermetalle) mit den regionalen Werten im Anstrom/Seitenstrom (weitere Umgebung)	40
Tab. 14:	Vergleich der Landgraben-Abstromkonzentrationen (PFC) mit den regionalen Werten im Anstrom/Seitenstrom (weitere Umgebung) und den GFS/GOW (LAWA 2017)	42
Tab. 15:	Ergebnisse der Sedimentbeprobung 2020: oberflächennahe Proben (0 bis 2 cm) für ausgewählte Parameter	46
Tab. 16:	Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen 2020: horizontierte Proben (2 bis max. 50 cm Tiefe)	49
Tab. 17:	Übersicht zur Vergleichbarkeit der Sedimentuntersuchungen 2002 und 2020	51
Tab. 18:	Sedimentuntersuchungen: oberflächennahe Proben (0 bis 2 cm) 2020 vs. Proben 2002	52
Tab. 19:	Beurteilungswerte der Sedimente nach OGewV (2016)	56
Tab. 20:	Vergleichswerte Feststoffe nach BBodschV (Vorsorgewerte; Szenario Park und Freizeitflächen) und Literaturvergleichswerte	60
Tab. 21:	Bewertung der Grundwassergefährdung nach 1. Änderung der Grundwasserverordnung 2017, Anlage 2	64
Tab. 22:	Vergleichstabelle Kosten für beide Optionen	73

## **ANLAGEN:**

- Anl. 1: Übersichtslageplan mit Untersuchungspunkten (M 1:50.000)
- Anl. 2: Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen 2020 (tabellarische Gesamtübersicht der Stoffgehalte)
- Anl. 3: Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen 2020 (tabellarisch, Einstufung nach vorhandenen Bewertungsgrundlagen)
- Anl. 4: Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen 2020 (tabellarisch, Entsorgungstechnische Einstufung nach LAGA)
- Anl. 5: Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen 2020 (Schwermetalle, Darstellung im Lageplan) (M 1:50.000)
- Anl. 6: Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen 2020 (andere Parameter, Darstellung im Lageplan) (M 1:50.000)

## **DOKUMENTATION:**

- Dok. 1: Bewertungsgrundlagen der Spurenstoffe gem. Projektbericht Kläranlageneinleitungen des HLNUG (2016) (2 Seiten)
- Dok. 2: Ergebnisberichte der Sedimentuntersuchungen 2020 (Institut Dr. Nowak) (97 Seiten)
- Dok. 3: Umgang mit Sedimenten aus der Gewässerunterhaltung (ahu GmbH) (11 Seiten)
- Dok. 4: Pauschale Mengen- und Kostenabschätzung der zu entnehmenden Sedimentmengen (2 Seiten)

## **ANHANG:**

Digitalisierte Literatur (auf DVD)

## 1 ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG

Mit Schreiben vom 27.04.2020 wurde das Planungsbüro Koenzen (und in dessen Unterauftrag das Büro ahu GmbH, Aachen) durch das Regierungspräsidium Darmstadt (RP) mit der Erstellung eines Gutachtens zu Aussagen über die stoffliche Belastungssituation und Sanierungsmöglichkeiten des Landgrabensystems auf Veranlassung des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) beauftragt.

Zeitgleich veranlasste das HMUKLV beim Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) die Beauftragung der Probenahme und die Untersuchung der aktuellen Belastungssituation des Sediments des Landgrabens (orientierendes Messprogramm), welches parallel die Probenahme und Untersuchung der aktuellen Belastungssituation des Sediments des Landgrabens durch das HLNUG veranlasst (orientierendes Messprogramm).

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Oberflächenwasserkörper Landgraben/Griesheim, beginnend ab dem Auslauf der Kläranlage Darmstadt bis zur Mündung in den Schwarzbach bei Trebur (vgl. Abb. 1).

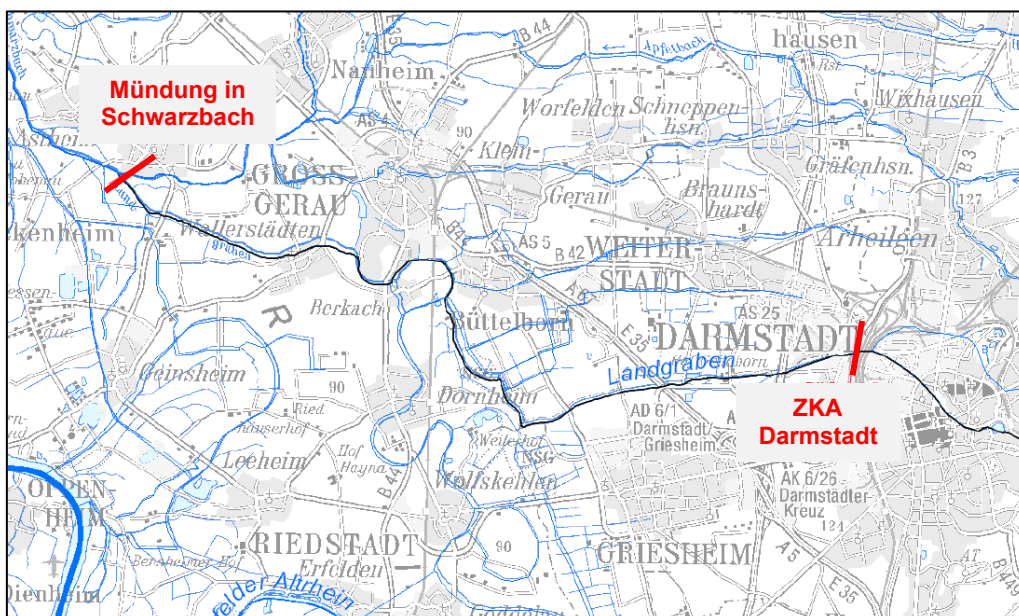


Abb. 1: Untersuchungsgebiet, Gewässerabschnitt Landgraben

Aufgabe ist eine gutachtliche Aussage über die stoffliche Belastungssituation, den Sanierungsbedarf und die Sanierungsmöglichkeiten des Oberflächenwasserkörpers Landgraben/Griesheim in ihrer Wechselwirkung mit dem Grundwasser auf der Grundlage vorhandener Gutachten und Diplomarbeiten sowie aktueller Daten des HLNUG seit dem Jahr 2002.

Dies umfasst:

- Auswertung der Gutachten und Auswahl der empfohlenen zu untersuchenden Parameter im Hinblick auf eine Beurteilung der Grundwasserqualität;
- Berücksichtigung der Ergebnisse aktueller Schwebstoff- und Wasserbeprobungen und -analysen sowie Biota-Daten;
- Überprüfung des Ergebnisprotokolls vom 01.02.2001, nach dem das Gewässersediment im Landgraben verbleiben soll;
- Erarbeitung einer Empfehlung, in welchen Bereichen im Gewässer die Sedimentbelastung ggfs. erneut untersucht werden soll, insbesondere im Hinblick auf eine Beeinflussung der Grundwasserqualität;
- Auflistung noch offener Fragen.

Das Gutachten fokussiert gemäß dem Leistungsverzeichnis des RP Darmstadt explizit auf stoffliche Aspekte des Landgrabens. Hydromorphologische Gesichtspunkte sind nicht Bestandteil des Auftrags und werden daher nur in stark verkürzter Form dargestellt.

Die Bearbeitung wurde in folgenden Arbeitsschritten durchgeführt:

- 1) Bestandsaufnahme (Kap. 2)
- 2) Synopse (Kap.3)
- 3) Auswertung der Ergebnisse der Untersuchungen 2020 (Zwischenbericht) (Kap.4)
- 4) Bewertung (Kap. 5)
- 5) Handlungsoptionen mit SWOT-Analyse (Stärke-Schwäche-Chancen-Risiken-Analyse (Kap.6)
- 6) Empfehlungen (Kap. 7)



## 2 BESTANDSAUFNAHME

### 2.1 Vorhandene Literatur

Die folgende Literatur wurde dem Auftragnehmer durch das HLNUG und das RP zur Verfügung gestellt. Gutachten, die ausschließlich in analoger Form vorlagen (jeweils mit (\*) markiert), wurden digitalisiert und sind diesem Gutachten als Anhang auf DVD beigelegt.

- (1) (\*) Trischler und Partner GmbH (1990): Untersuchungen zur Gewässersanierung des Schwarzbach/Landgrabensystems im Einzugsgebiet des Wasserwerkes Riedwerke Dornheim, 1. Bericht vom 28.06.1990.
- (2) (\*) Trischler und Partner GmbH (1990): Untersuchungen zur Gewässersanierung des Schwarzbach-Landgraben-Systems im Einzugsbereich des Wasserwerkes Dornheim, 2. Bericht vom 13.12.1990: Untersuchungs-Teil 2 – Grundwasseruntersuchung (Zwischenbericht).
- (3) Häbel (1991): Grundwassergefährdung durch einen übermäßig belasteten Bach, am Beispiel des Landgrabens westlich von Darmstadt, Diplomarbeit, TU Darmstadt.
- (4) (\*) Trischler und Partner GmbH (1993): Pilotprojekt zur Gewässersanierung des Schwarzbach-Landgraben-Systems. Zusätzliche Untersuchungen zur Verteilung der Schwermetallbelastung im Bachsediment, Ergebnisbericht vom 25.08.1993.
- (5) (\*) Trischler und Partner GmbH (1993): Pilotprojekt zur Gewässersanierung des Schwarzbach-Landgraben-Systems. Ergebnisbericht Vorplanung/ Zwischenbericht Entwurfsplanung, Bericht vom 30.10.1993.
- (6) (\*) Trischler und Partner GmbH (1994): Pilotprojekt zur Gewässersanierung des Schwarzbach-Landgraben-Systems. Planung und Beurteilung einer zusätzlichen Verfahrensvariante zur Gewässersanierung (permanente Landgrabenverlegung), Bericht vom 31.01.1994.
- (7) (\*) Wasserwirtschaftsamt Darmstadt (1994): Generelle Planung zur Sanierung des Landgrabens und unteren Schwarzbaches.
- (8) (\*) Stellungnahme des BUND Kreisverbandes Groß-Gerau zur Sanierung des Landgrabens, Nov. 1994.
- (9) (\*) Lahmeyer International (1995): Machbarkeitsstudie über die Verwertung von belasteten Sedimenten. Jan. 1995.
- (10) (\*) Hessische Landesanstalt für Umwelt (1997): Orientierende Messungen gefährlicher Stoffe: Sonderuntersuchungen zur Schwermetallbelastung des Schwarzbaches von 1993 bis 96, Bericht vom 04.02.1997.

- (11) Reith (2000): Kartierung auf Blatt 5723 Altengronau (nördlicher Blattbereich), Diplomkartierung, TU Darmstadt. (*Bericht eingesehen, nicht im Untersuchungsgebiet*)
- (12) Arcadis / Trischler und Partner GmbH (09/2000): Gewässersanierung des Schwarzbach-Landgraben-Systems – Langzeitüberwachungsprogramm Landgraben/Schwarzbach.
- (13) RP Darmstadt (2001): Ergebnisprotokoll über die Besprechung Sanierung Schwarzbach / Landgraben am 01.02.2001 (basierend auf dem Langzeitgutachten von Arcadis, 29.09.2000) (intern).
- (14) nicht digitalisiert: Schriftverkehr 1996-2001 und 2001-2003 zur Langzeituntersuchung
- (15) Eccarius et al. (2002): 10 Jahre Schwermetalluntersuchungen am Landgraben bei Darmstadt; erstellt vom Institut für Angewandte Geowissenschaften der TU Darmstadt.
- (16) HLUG (2003): Ergebnisse der Untersuchungen zur Schadstoffbelastung des Darmbach / Landgrabensystems von 1993 bis 2002.
- (17) Reinig (2003): Beurteilung der Belastungssituation von Fließgewässern im oberen Schwarzbach-Gebiet anhand ausgewählter Schadstoffe, Diplomarbeit an der FH Wiesbaden. (*Bericht eingesehen, nicht im Untersuchungsgebiet*)
- (18) BGS Umwelt GmbH (2004): Modellgestützte Untersuchungen von Sofortmaßnahmen zur Schadstoffabwehr im geförderten Grundwasser des WW Dornheim.
- (19) BGS Umwelt GmbH (2013): Renaturierung Landgraben bei Groß-Gerau – Wechselwirkungen zum Grundwasser. (*nicht umgesetzt*)
- (20) Berthold et al. (2016): Projektbericht des HLNUG für die Arbeitsgruppe beim RP Darmstadt „Kläranlageneinleitungen in oberirdische Gewässer und dadurch bedingte Spurenstoffeinträge in das Grundwasser im Hessischen Ried“.
- (21) HMUKLV (2018): Spurenstoffstrategie Hessisches Ried, 2. Auflage, Stand: 30. April 2018.
- (22) Arcadis (2019): Antrag Erneuerung des Erlaubnisbescheides zur Einleitung behandelten Abwassers der Merck in die Vorflut Landgraben/Griesheim. Fachbeitrag Wasserrahmenrichtlinie, Merck KGaA. Darmstadt, Januar 2019.
- (23) Gühr, R. & Rippen, G. (2012): Ableitung eines vorläufigen Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS) für Diacetonketogulonsäure (DAG, Dikegulac) und Diaceton-L-sorbose (DAS). 10.13140/RG.2.1.3744.6481.

- (24) HMUKLV (2020) (abrufbar unter: <https://umwelt.hessen.de/presse/pressemitteilung/fruehwarnsystem-fuer-moegliche-dikegulac-belastung>)

## 2.2 Einordnung des Untersuchungsgebietes

### 2.2.1 Geografie

Der Landgraben wurde im 16. Jahrhundert erbaut und ist die nachweisbar älteste künstliche Anlage zur Entwässerung des Hessischen Rieds. Dieser Graben bildet von jeher keinen geschlossenen Lauf, sondern setzt sich vielmehr aus verschiedenen, primär nordwestlich verlaufenden Teilgräben vom Fuß des Melibokus bei Zwingenberg bis nach Trebur zusammen. Diese fließen wiederum den jeweiligen größeren Vorflutern (z.B. Weschnitz, Winkelbach, Modau, Schwarzbach) zu (Eccarius et al. 2002).

Der hier untersuchte Landgraben gehört zum Gewässersystem Schwarzbach/Ried. Er beginnt zwischen Griesheim und Dornheim und fließt von dort in nordwestlicher Richtung durch ein ehemaliges Überschwemmungsgebiet des Neckars. Bei Büttelborn biegt er in westliche Richtung um und folgt einem ehemaligen Neckarbett. Ab Wallerstädten fließt er in einem künstlichen Entlastungskanal, mündet schließlich südlich von Trebur in den Schwarzbach, der wiederum bei Ginsheim in den Ginsheimer Altrhein fließt (Eccarius et al. 2002).

Den größten Zufluss erhält der Landgraben vom Darmbach aus Darmstadt. Der *Darmbach* entspringt südöstlich von Darmstadt am Stellkopf (230 m üNN, Bachkilometer Null), fließt in nordwestlicher Richtung und mündet im Osten von Darmstadt in den Badensee „Woog“. Der Ablauf des Sees gelangt in die städtische Kanalisation und wird dem Klärwerk im Westen von Darmstadt zugeführt. Aus dem Darmstädter Klärwerk fließen die Abwässer in einer betonierten Halbröhre, dem *Darmbach*, nach Westen. Ab dem Hochwasser-Rückhaltebecken bei Triesch wird das Gerinne *Landwehr* genannt. Nordwestlich von Griesheim bei der „Hohen Brücke“ mündet der Kanal in den *Landgraben*. In der *Landwehr* fließt das Wasser aufgrund geringer Reibungsverluste und eines verhältnismäßig hohen Gefälles von 0,43 ‰ relativ schnell. Wegen des niedrigeren Gefälles von 0,3 ‰ im Landgraben verlangsamt sich am Zusammenfluss die Fließgeschwindigkeit des Wassers. Weitere Zuflüsse in den Landgraben kommen vom Böllengraben, Blindgraben, Schlimmergraben, Scheidgraben sowie weiteren kleinen Gräben (Eccarius et al. 2002).

Das hier untersuchte Gebiet umfasst den Darmbach-Abschnitt ab Darmstadt, die Landwehr sowie den Landgraben bis zu seiner Mündung in den Schwarzbach (vgl. Abb. 1 und Abb. 2).

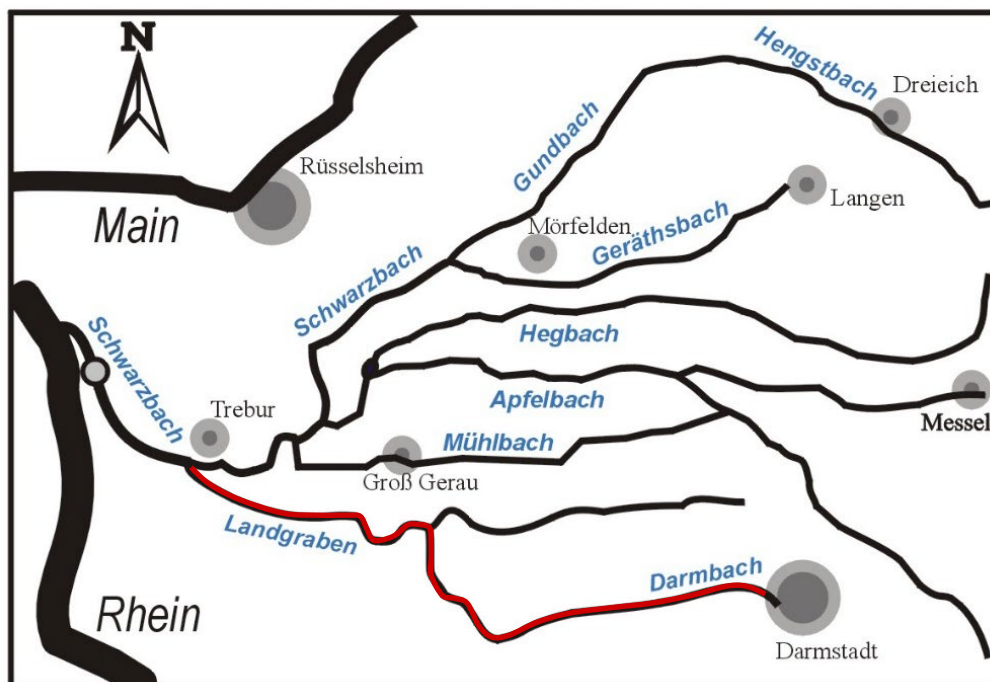


Abb. 2: Übersichtskarte, gesamtes Schwarzbachgebiet (verändert nach HLUG, 2003) (rot: zu untersuchender Gewässerabschnitt)

## 2.2.2 Geologie / Hydrogeologie

Der Landgraben befindet sich im nordöstlichen Bereich des Oberrheingrabens. Da der Graben im Quartär tendenziell weiter absank, sammelte sich der Abtragungsschutt der umliegenden Hochgebiete mit einer erbohrten Mächtigkeit von bis zu 1.022 m im sogenannten Heidelberger Loch. Nach Norden nimmt die Mächtigkeit des Quartärs auf nur noch wenige Zehnermeter nordwestlich von Darmstadt ab. Während des Pleistozäns wurden hauptsächlich fluviatile kalkige Sande und Kiese von Rhein und Neckar abgelagert. Durch Erosion tiefte sich der Rhein ein, sodass sich Niederterrassen abgrenzen lassen. Einschaltungen von bänderförmigen Ton- und Schlufflinsen als Hochflutlehmablagerungen treten sehr häufig auf. In den verlandeten ehemaligen Neckarschlingen befinden sich z.T. mehrere Meter mächtige Torfablagerungen. Daneben finden sich unterschiedlich mächtige Decken aus Flugsand und Löß (Eccarius et al. 2002).

Die Hydrogeologie des Hessischen Rieds und damit auch des Untersuchungsgebietes wird durch die quartären Kies- und Sandablagerungen mit einem durchschnittlichen kf-Wert von  $10^{-3}$  m/s bestimmt. Dieser gut wasserdurchlässige Porengrundwasserleiter wird durch die Schluff- und Tonlinsen in verschiedene Grundwasserstockwerke getrennt. Der Grundwasserspiegel ist mit einem durchschnittlichen Gefälle von  $<1$  ‰ nach Westen in Richtung Rhein geneigt. Die Abstandsgeschwindigkeit beträgt ca. 0,5 bis 1 m/d, außer in den Absenkungstrichtern von Wasserwerken, z.B. Dornheim (Eccarius et al. 2002).

Durch die unterschiedliche Neigung von Grundwasserspiegel und Geländeoberfläche nimmt der Flurabstand von ca. 20 m im Osten auf unter 1 m in der Rhein-/Altneckarniederung ab. Die versumpften Altneckarläufe sind z.T. mit Torf erfüllt und von Natur aus Niedermoorstandorte. Zudem kommt es bei Rheinhochwasser zu einem Rückstau des Grund- und Oberflächenwassers (Eccarius et al. 2002).

Die Grundwasserneubildung entstammt nach einem Grundwassermodell von BGS zu 71 % dem Niederschlag, 20 % der Oberflächenwasserinfiltration und 9 % dem Odenwaldrandzufluss. Die Grundwasserneubildungsraten streuen von 1,5 bis 2 l/s\*km<sup>2</sup> in ehemaligen Überflutungsgebieten von Rhein und Neckar über 3 bis 6 l/s\*km<sup>2</sup> in Gebieten aus Flusssanden und geringmächtigen Flusssanden bis hin zu 8 l/s\*km<sup>2</sup> in Dünenbereichen (Eccarius et al. 2002).

### 2.2.3 Abflusssituation

Das Oberflächengewässer Landgraben/Griesheim ist 29 km lang und entspringt 300 m südwestlich des Stellkopfes bei Ober-Ramstadt oberhalb von Darmstadt. Der Abfluss des Oberflächengewässers wird stark durch die Abwässer der Industriekläranlage der Firma Merck (ZABA, 60 bis 85 l/s) sowie die Zentralkläranlage Darmstadt (376 bis 458 l/s) bei km 21 beeinflusst (vgl. Arcadis 2019: Tab. 2-2). Der mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ) im Landgraben liegt bei 433 l/s und der mittlere Abfluss (MQ) bei 1.044 l/s (HMUKLV, Hessen-Bewirtschaftungsplan 2015-2021, 2015). Der Abwasseranteil am Oberflächengewässer kann bei MNQ bis zu 80 % betragen (HLUG 2003).

Der oberhalb abgegrenzte Darmbach wird im Hessischen Bewirtschaftungsplan geführt als „eine eigenständige städtische Abwasserkanalisation mit dem Endpunkt Kläranlage, die völlig getrennt von dem natürlichen Gewässersystem und von dem natürlichen Wasserkreislauf ist“. Daher wurde für den darunterliegenden Landgraben der Wasserkörper DEHE\_23986.1 vergeben und der bisherige DEHE\_23986.2 aufgehoben (HMUKLV, Hessen-Bewirtschaftungsplan 2015-2021, 2015). Die Zuflüsse Schlimmer Graben (Weiterstadt) und nördlicher Scheidgraben (Dornheim) sowie die Abschläge aus Büttelborn und Groß-Gerau fließen bis zur Mündung in den Schwarzbach in den Landgraben.

## 2.3 Bewertungsmaßstäbe

Für die überwiegende Anzahl von Spurenstoffen existieren derzeit keine Grenzwerte. Deshalb werden gem. hessischer Spurenstoffstrategie (HMUKLV 2018) hilfsweise UQN-Vorschläge oder PNEC (= predicted no effect concentration) für das Oberflächenwasser und GFS-(Geringfügigkeitsschwellen-)Werte oder GOW (Gesundheitliche Orientierungswerte) zur Beurteilung der Belastungssituation im Grundwasser herangezogen (vgl. Tab. 1).

In Anhang Nr. 9-4 (HMUKLV 2018) werden die grundsätzlichen Aspekte bezüglich der Ableitungen von PNEC, GFS und GOW beschrieben.

### 2.3.1 Oberflächenwasser

Die Bewertung der Wasserbeschaffenheit erfolgt nach der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) 2016 (Anlagen 6 bis 8). Die Beurteilungsgrundlage des ökologischen Zustands/ ökologischen Potenzials eines Gewässers sind in Anlage 3 der OGewV (2016) festgelegt. Sie umfassen die

- biologischen Qualitätskomponenten (Zustandsklassen),
- hydromorphologischen Qualitätskomponenten,
- chemischen und allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten (Anlage 6 und 7 der OGewV 2016).

Bei nachteiliger Veränderung einer biologischen Qualitätskomponente (Fischfauna, Makrozoobenthos, Makrophyten/Phytobenthos, Phytoplankton vgl. Anlage 3 Punkt 1, OGewV 2016) werden unterstützend zur Beurteilung die allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter nach Anlage 7 OGewV herangezogen. Zusätzlich sind die flussgebietspezifischen Schadstoffe (FGS) als chemische Qualitätskomponenten nach Anlage 6 OGewV mit Umweltqualitätsnormen (UQN) unmittelbar anzuwenden. Bei einer Überschreitung der FGS kann der ökologische Zustand unabhängig von der Zustandsklasse der Qualitätskomponenten maximal mäßig sein.

Für die Beurteilung des chemischen Zustands eines Gewässers sind die Stoffe als Umweltqualitätsnormen (UQN) nach Anlage 8 OGewV (2016) unmittelbar anzuwenden. Für die Parameter sind ebenfalls UQN festgeschrieben, welche direkt rechtlich bindende Grenzwerte darstellen. Das bedeutet, dass bei Überschreitung eines der Parameter der chemische Zustand eines Gewässers mit „nicht gut“ zu bewerten ist.

Für die Bewertung des Oberflächenwasser können zusätzliche Parameter relevant sein, wenn deren Vorkommen im Grund- und Trinkwasser nachgewiesen wird und Einträge aus dem Oberflächenwasser ursächlich sein können.

### 2.3.2 Grundwasser und Trinkwasser

#### Grundwasser

Für die Stoffe der Anlage 2 der Grundwasserverordnung (GrwV) gibt es, wie oben ausgeführt wurde, zur Beurteilung des chemischen Zustands rechtlich verbindliche Schwellenwerte.

#### Trinkwasser

Für die Beurteilung der Trinkwasserqualität sind die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) maßgeblich. Für Trinkwasser können neben den Grenzwerten der TrinkwV die Trinkwasserleitwerte und GOW zur Beurteilung herangezogen werden.

### **Dikegulac-Konzentrationen**

Der ableitbare Trinkwasserleitwert für Dikegulac liegt oberhalb von 1.000 µg/l. Der Trinkwasserleitwert gibt die Höchstkonzentration im Trinkwasser an, die ein Leben lang ohne Gesundheitsschädigung aufgenommen werden kann. Unter Berücksichtigung des allgemeinen Minimierungsgebotes wurde ein Vorsorgewert von 50 µg/l festgelegt (vgl. Gühr & Rippen, 2012), der im Trinkwasser und im Wasser zur Bewässerung von Pflanzen im Lebensmittelanbau oder im Tränkewasser von Tieren nicht überschritten werden sollte.

Tab. 1: Bewertungsgrundlagen der Spurenstoffe gem. Projektbericht Kläranlageneinleitungen des HLNUG, 2016 (s.a. Dok. 1); **Werte in µg/l**

Parameter	Wirkstoffgruppe	CAS Nr.	okotox. Beurteilung	okotox. Beurteilung	Trinkwasserbeurteilung
			JD (1) PNEC (2) UQN Vorschlag (3) OGeWV 2011 (4) RL 2013/39/EU	ZHK (1) PNEC (2) UQN Vorschlag (3) OGeWV 2011 (4) RL 2013/39/EU	(1) GOW (2) Leitwert (3) Mini -gebot (4) Vorsorgewerte (5) Grenzwert TrinkwV
10,11-Dihydro-10-hydroxycarbamazepine (10OHCZ)	Arzneimittel Metabolit	29331-92-8			(1) 0,3
2-Hydroxybiphenyl (Phenylphenol)	Alkylphenole und Metabolite	90-43-7	(1) 0,9		
4-Acetamidoantipyrin (Acet-AP)	Arzneimittel Metabolit	83-15-8			(4) 0,1
4-Fomylaminoantipyrin (Formyl-AAP)	Arzneimittel Metabolit	1672-58-8			(4) 0,1
Acesulfam	Süßstoff	33665-90-6			(3) 10
Amidotrizesäure	Arzneimittel	117-96-4			(1) 1
Amisulprid	Arzneimittel	71675-85-9	(1) 10		
Atrazin	Pflanzenschutzmittel	1912-24-9	(3) 0,6	(3) 2	(5) 0,1
Azinphos-ethyl	Pflanzenschutzmittel	2642-71-9	(3) 0,01		(5) 0,1
Azitromycin	Arzneimittel	83905-01-5	(2) 0,09	(2) 0,09	(1) 0,3
Bentazon	Pflanzenschutzmittel	25057-89-0	(3) 0,1		(5) 0,1
Benzotriazol (Bz)	Benzotriazole	95-14-7	(1) 19,4	(2) 120	(1) 3
Bisphenol A	Alkylphenole und Metabolite	80-05-7	(1) 1,5		
Bromacil	Pflanzenschutzmittel	314-40-9	(3) 0,6		(5) 0,1
Carbamazepin	Arzneimittel	298-46-4	(2) 0,5	(2) 1990	(1) 0,3
Carbamazepin-10,11-dihydro-10,11-dihydroxy	Arzneimittel Metabolit	35079-97-1			(1) 0,3
Chlorfenvinphos	Pflanzenschutzmittel	470-90-6	(3) 0,1	(3) 0,3	(5) 0,1
Clofibrinsäure	Arzneimittel Metabolit	882-09-7	(2) 5		(1) 3
Cyclamat Na	Süßstoff	139-05-9			(3) 10
DEET	Organik	134-62-3	(2) 41	(2) 410	
Desphenyl-chloridazon	Pflanzenschutzmittel	6339-19-1			(1) 3
Diclofenac	Arzneimittel	15307-86-5	(2) 0,05		(1) 0,3
Diuron	Pflanzenschutzmittel	330-54-1	(3) 0,2	(3) 1,8	(5) 0,1
Fenpropimorph	Pflanzenschutzmittel	67306-03-0			(5) 0,1
Fluchloralin	Pflanzenschutzmittel	33245-39-5			(5) 0,1
Fluoxetin	Arzneimittel	54910-89-3	(1) 0,012		
Gabapentin	Arzneimittel	60142-96-3	(1) 10		(1) 1
Hexazinon	Pflanzenschutzmittel	51235-04-2	(3) 0,07		(5) 0,1
Iopamidol	Arzneimittel	60166-93-0			(1) 1
Lamotrigin	Arzneimittel	84057-84-1	(1) 10		
Mecoprop (MCP)	Pflanzenschutzmittel	93-65-2	(3) 0,1		(5) 0,1
Olmesartan	Arzneimittel	144689-24-7			(1) 0,3



Parameter	Wirkstoffgruppe	CAS Nr.	okotox. Beurteilung		Trinkwasserbeurteilung (1) GOW (2) Leitwert (3) Mini.-gebot (4) Vorsorgewerte (5) Grenzwert TrinkwV
			JD (1) PNEC (2) UQN Vorschlag (3) OGeW 2011 (4) RL 2013/39/EU	ZHK (1) PNEC (2) UQN Vorschlag (3) OGeW 2011 (4) RL 2013/39/EU	
Oxipurinol	Arzneimittel Metabolit	2465-59-0			(1) 0,3
Parathion-ethyl	Pflanzenschutzmittel	56-38-2	(3) 0,005		(5) 0,1
Pendimethalin	Pflanzenschutzmittel	40487-42-1			(5) 0,1
PFBA	Per- und Polyfluor. Alkylsubstanzen	375-22-4			(2) 7
PFBS	Per- und Polyfluor. Alkylsubstanzen	29420-49-3			(1) 3
PFHpS	Per- und Polyfluor. Alkylsubstanzen	45298-90-6			(1) 0,3
PFHxA	Per- und Polyfluor. Alkylsubstanzen	307-24-4			(1) 1
PFHxS	Per- und Polyfluor. Alkylsubstanzen	355-46-4			(1) 0,3
PFOS (Perfluorooctansulfonat)	Per- und Polyfluor. Alkylsubstanzen	1763-23-1	(4) 0,00065	(4) 36	
Phenazon	Arzneimittel	60-80-0	(2) 1,1		(4) 0,1
Phenobarbital	Arzneimittel	50-06-6			(1) 0,3
Primidon	Arzneimittel	125-33-7			(1) 3
p-Toluolsulfonsäure	schwerflüchtige org. Spurenstoffe	6192-52-5			(1) 0,3
Saccharin Na	Süßstoff	128-44-9	(1) 116		
Simazin	Pflanzenschutzmittel	122-34-9	(3) 1	(3) 4	(5) 0,1
Sulfamethoxazol	Arzneimittel	723-46-6	(2) 0,6	(2) 2,7	(1) 35
Summe 4-, 5-Methyl-1H-benzotriazole (4MeBz/5MeBz)	Benzotriazole	29878-31-7, 136-85-6	(1) 140		
Summe PFOA und PFOS	Per- und Polyfluor. Alkylsubstanzen	335-67-1, 1763-23-1			(2) 0,3
Terbutryn	Pflanzenschutzmittel	886-50-0	(4) 0,065	(4) 0,34	(5) 0,1
tert-Octylphenol	Alkylphenole und Metabolite	140-66-9	(3) 0,1		
Tri-n-butylphosphat (TBP)	schwerflüchtige org. Spurenstoffe	126-73-8	(3) 10		
Triphenylphosphat (TPP)	schwerflüchtige org. Spurenstoffe	115-86-6	(1) 3,7	(2) 24	
Tris(1,3-dichlor-2-propyl)phosphat (TDCP)	schwerflüchtige org. Spurenstoffe	13674-87-8	(1) 10		
Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)	schwerflüchtige org. Spurenstoffe	115-96-8	(2) 4		(1) 1
Tris(2-chlorpropyl)phosphat (TCPP)	schwerflüchtige org. Spurenstoffe	13674-84-5	(1) 260		(1) 1
Vinclozolin	Pflanzenschutzmittel	50471-44-8			(5) 0,1

**Abkürzungen:**

JD / ZHK / UQN : JD = Jahresdurchschnitt (jährlicher Mittelwert), ZHK = Zulässige Höchst-Konzentration (Maximalwert), UQN = Umweltqualitätsnorm

PNEC: predicted no effect concentration

GOW: Gesundheitlicher Orientierungswert

Trinkwasserbeurteilung: dauerhaft akzeptable Konzentration gem. UBA

Mini.gebot: Minimierungsgebot gem. TrinkwV

### 2.3.3 Bewirtschaftungsziele und Maßnahmenplanung

Nachstehend werden die Bewirtschaftungsziele des Oberflächenwasserkörpers Landgraben/Griesheim sowie die Maßnahmenplanung für das Gewässer gemäß Hessischem Bewirtschaftungsplan 2015–2021 aufgeführt.

Das Bewirtschaftungsziel, welches der Maßnahmenplanung (Tab. 3) zugrunde liegt, ist der gute ökologische und chemische Zustand des Oberflächenwasserkörpers (DEHE\_23986.1).

Tab. 2: Kenndaten des Oberflächenwasserkörpers Landgraben / Griesheim DEHE\_23986.1 (HMUKLV, Hessen-Bewirtschaftungsplan 2015-2021, 2015)

	<b>Einstufung Oberflächenwasserkörper Landgraben / Griesheim</b>
<b>Flussgebietseinheit</b>	Oberrhein
<b>Oberflächenwasserkörper-einordnung</b>	NWB
<b>Oberflächenwasserkörpertyp</b>	Typ 19: Kleinere Niederungsfließgewässer in Fluss- / Strömtälern
<b>Fischregion</b>	Oberlauf: Untere Forellenregion und Mittellauf: Äschenregion (km 21 bis 14,5) Unterslauf: Mischregion (Rheineinfluss) (km 14,5 bis 0)
<b>FFH-Gebiete</b>	(6117-310) Kiesgrube beim Weilerhof nordöstlich Wolfskehlen
<b>Vogelschutzgebiete</b>	(6217-403) Hessische Altneckarschlingen
<b>Trinkwasserschutzgebiete</b>	WSG WW Dorheim, Hessenwasser Schutzzone II und III

Tab. 3: Maßnahmen für den Oberflächenwasserkörper Landgraben/Griesheim (HMUKLV, Hessen-Bewirtschaftungsplan 2015-2021)

<b>Maßnahmengruppe</b>	<b>Maßnahmenbezeichnung</b>
Struktur	Flächenbereitstellung 76,4 ha
	naturnahe Entwicklung von Gewässer-, Ufer und Auenstruktur auf 19,1 km → Maßnahmen zur Dynamisierung des Gewässers gemäß Umsetzungsplanung gemäß EU-WRRL im Verbandsgebiet des Wasserverbandes Schwarzbachgebiet-Ried (2015)
	Herstellung der linearen Durchgängigkeit von 7 Bauwerken
Punktquellen	Ertüchtigung von kommunalen Kläranlagen
	Ertüchtigung von direkt einleitenden industriellen und gewerblichen Abwasseranlagen
	Ertüchtigung der Misch- und Niederschlagswasserbehandlung
Maßnahmen diffuse Belastungen	Flächen zur Erosionsminderung 0,1 ha

Die Darstellung der Maßnahmen macht deutlich, dass umfassende hydromorphologische Maßnahmen für die Verbesserung der ökologischen Verhältnisse erforderlich und vorgesehen sind. Hinzu kommen Maßnahmen zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit an dem aktuell durch lange Rückstaustrrecken geprägten Gewässer.

### 3 ZUSAMMENSTELLUNG DER ERGEBNISSE

Im Rahmen der Einarbeitung in die Belastungssituation des Landgrabens wurden die unter 2.1 aufgeführten Gutachten sowie die zur Verfügung gestellten Rohdaten (Analytik, Wasserstände etc.) gesichtet. Demnach stellt sich die Situation wie nachfolgend beschrieben dar.

#### 3.1 Untersuchungshistorie, Messstellen und Untersuchungspunkte

Im Folgenden sind die durchgeführten Untersuchungen hinsichtlich der untersuchten Kompartimente und analysierten Parameter aufgeführt (Tab. 4).

Tab. 4: Tabellarische Übersicht der Untersuchungshistorie seit 1990

Jahr		Untersuchungen/Maßnahmen	Kompartiment	Parameter
1991	(a)	Untersuchung eines Landgrabenabschnitts im EZG der Riedwerke Dornheim (Häbel, TuP) → Untersuchung der Bachsedimente → Darstellung der Interaktion zw. Oberflächengewässer / Grundwasser	Sediment	EOX, HCH, PAK, Schwermetalle
seit 1991	(b)	regelmäßige Schwebstoffuntersuchungen an der Schwarzbach-Mündung	Schwebstoff	u.a. Schwermetalle
1993	(c)	Pilotprojekt, Verteilung der Schwermetallbelastung im Bachsediment → Betrachtung der Kornfraktionen	Sediment	Schwermetalle
1994	(d)	Abschluss Planung der Pilotmaßnahme zur Gewässersanierung → Pilotmaßnahme bis auf Weiteres zurückgestellt		
1994	(e)	generelle Planung zur Sanierung des Landgrabens und unteren Schwarzbachs (WWA Darmstadt) → Feststellung der Erforderlichkeit einer Langzeitüberwachung		
1993-1996	(f)	Sonderuntersuchung der SM-Belastung im Schwebstoff (HLUG)	1) Schwebstoff 2) Klärschlamm (1995)	Schwermetalle, TOC, Phosphat, Stickstoff
1997-1999	(g)	Langzeitüberwachungsprogramm → 9 Stechzylindersondierungen, Sediment → Errichtung paarweiser GW-Beschaffenheitsmessstellen (Zustrom, Abstrom); 3-monatige Beprobung → Wasserstandsbeobachtungen des Vorfluters in Rammpegeln	1) Sediment 2) Grundwasser	1) EOX, PAK, HCH, Metalle 2) Bor, Chlorid, Metalle ab 1998: Dikegulac
2002	(h)	Sondermessprogramm Schwebstoffe und Sediment (Längsschnittuntersuchung) → 26 Schwebstoffproben, 23 Sedimentproben → Abschlussgutachten HLUG → chem. Längsprofil entlang des Darmbach/Landgrabensystems	1) Sediment 2) Schwebstoff	1) / 2) Schwermetalle, PAK, PCB
seit 2005	(i)	Langzeitanalysen des Landgrabenwassers	Bachwasser (Schwebstoff, Wasser filtriert / unfiltriert)	Biota, Metalle, gängige org. und anorg. Schadstoffe
2019	(j)	Untersuchungsprogramm Dikegulac im vom Landgraben beeinflussten Grundwasser im Hessischen Ried	Grundwasser	Dikegulac

Jahr		Untersuchungen/Maßnahmen	Kompartiment	Parameter
2020	(k)	Sedimentuntersuchung Landgraben	Sediment	Umfangreiche Liste org. und anorg. Stoffe: u.a. Schwermetalle, HCH, Bor...
Zeitreihe bis heute	(l)	Landesmessungen des HLNUG an repräsentativen Landesmessstellen	Wasserproben Schwebstoffe Biota	ACP, FGS, chemische Stoffe nach Anlage 8 OGeV 2016 Umfangreiche Liste org. und anorg. Stoffe

Insbesondere in den 1990er-Jahren wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, zunächst punktuell (a, c, f), später auch systematisch und über längere Zeiträume (g, h, i). Zur Übersicht der Untersuchungen und deren Vergleichbarkeit sind in Abb. 3 bis 7 die verschiedenen Beprobungspunkte der umfangreicheren Untersuchungsprogramme dargestellt. Hierbei sind folgende untersuchte Kompartimente zu unterscheiden:

- Oberflächengewässer (filtriert/unfiltriert, Schwebstoffe),
- Sediment,
- Grundwasser.

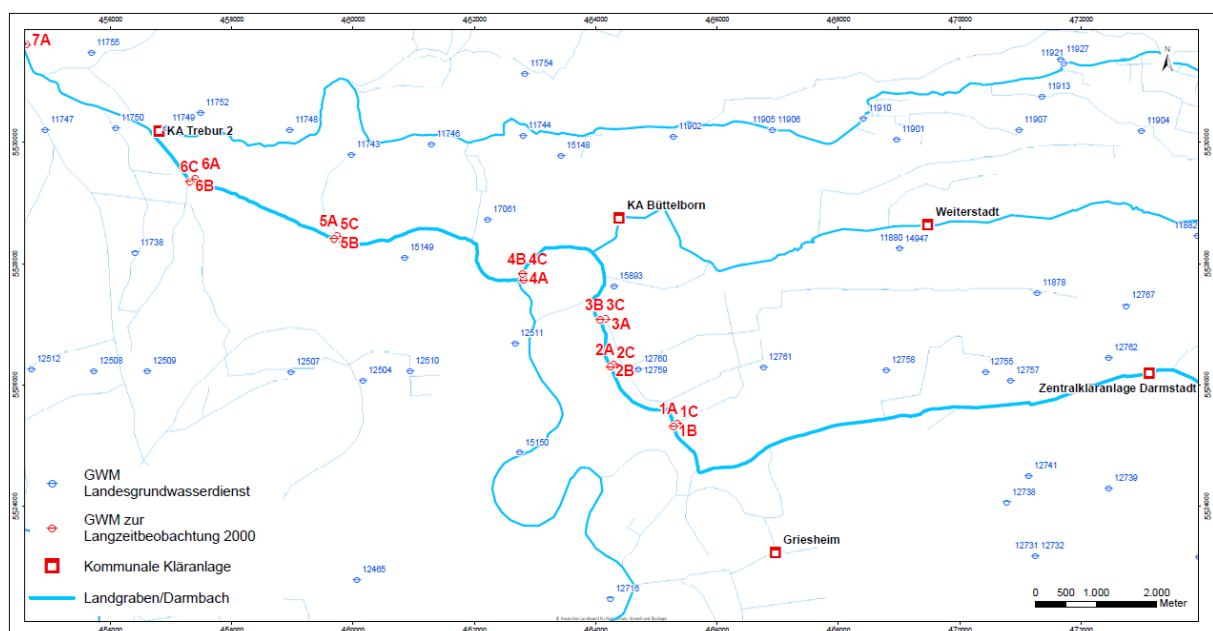


Abb. 3: Messstellen des Langzeitüberwachungsprogramms 1997-1999 (Grundwasser; (g))

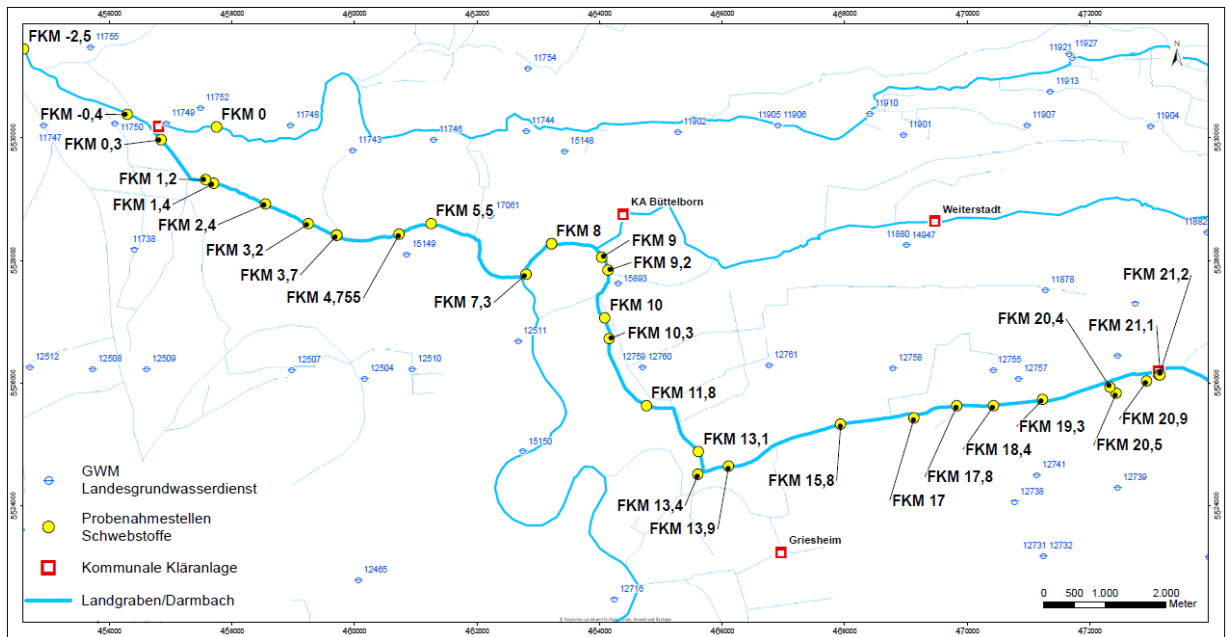


Abb. 4: Probenahmestellen der Schwebstoffuntersuchungen (Sondermessprogramm 2002; (h))

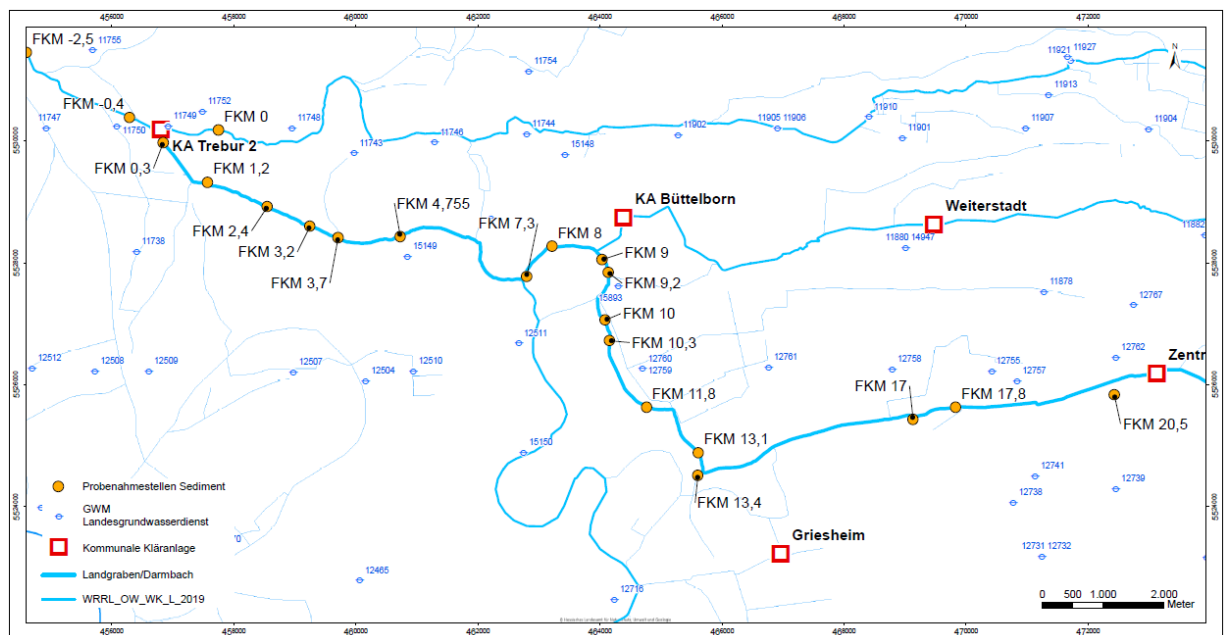


Abb. 5: Probenahmestellen der Sedimentuntersuchungen (Sondermessprogramm 2002; (h))

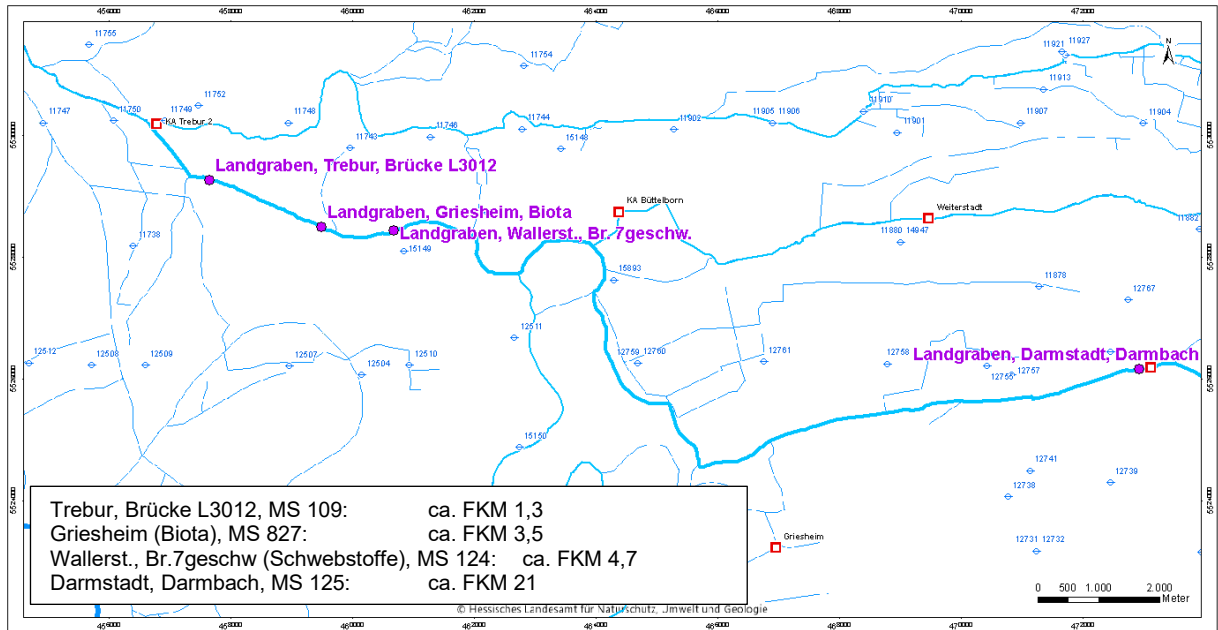


Abb. 6: Untersuchungspunkte des Landgrabenwassers (Langzeitanalysen Wasser filtriert / unfiltriert, Schwebstoff, Biota -; (i), (I))  
(Die Messstellen 109 (Wasserprobe), 827 (Biota) und 124 (Schwebstoffe) sind für den OFWK DEHE\_23986.1 repräsentativ. Die Messstelle „Landgraben, Darmstadt, Darmbach“ (125) ist nicht repräsentativ für den OFWK.)

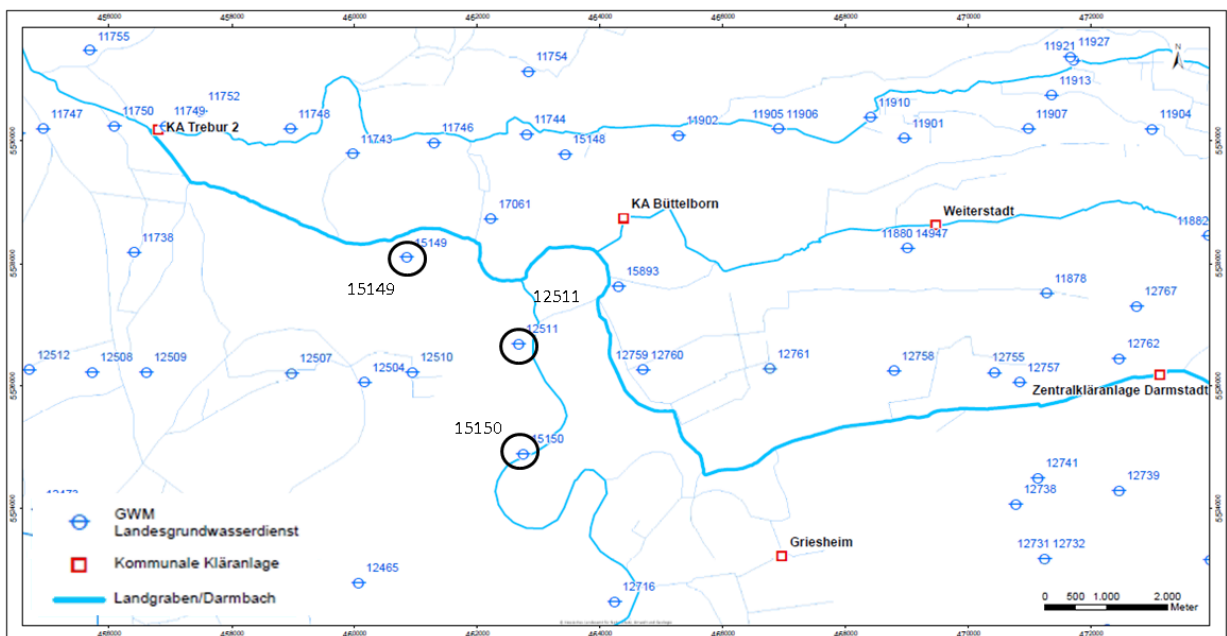


Abb. 7: Vorhandene Grundwassermessstellen des LGD (Quelle: HLUg)

Die in Abb. 7 dargestellten Grundwassermessstellen des Landesgrundwasserdienstes Hessen (LGD) bilden die für die Beurteilung der Grundwassersituation zur Verfügung stehende Datenlage ab. Dabei sind nur die drei eingekreisten abstromigen Messstellen 121511, 15149 und 15150 für die Einschätzung der Beeinflussung durch den Landgraben relevant (vgl. Abschn. 3.2.10).

## 3.2 Beschreibung der Belastungen im Oberflächengewässer

Zur Beurteilung des ökologischen und chemischen Zustands werden seitens des Landes Hessen an Messstellen, die für das Gewässer repräsentativ sind, Wasser-, Schwebstoff- und Biota-Proben in regelmäßigen Abständen genommen, welche Grundlage für die Einstufung im aktuellen Bewirtschaftungsplan sind (vgl. Kap. 3.2.8).

Anhand der in Abschnitt 3.1 aufgeführten umfangreichen Untersuchungen von Sedimenten und Oberflächenwasser (filtriert, unfiltriert, Schwebstoffe) wurde im Landgrabensystem eine ausgeprägte Schwermetallbelastung festgestellt und beschrieben. Eine ausführliche Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse bis zum Jahr 2002 (Sediment und Schwebstoffe) ist in HLUg (2003) gegeben. Unter Hinzunahme weiterer Unterlagen (Ergebnisse der Oberflächenwasserbeprobung des Wasserkörpers) stellt sich die Belastungssituation im Landgraben wie folgt dar:

### 3.2.1 Schwermetalle

Unter den Schwermetallen sind hinsichtlich der Schwebstoff- und Sedimentuntersuchungen insbesondere Quecksilber, Zink, Cadmium und Kupfer auffällig. Die Eintragspfade und Verteilungen an den verschiedenen Messstellen weichen jedoch stark voneinander ab (HLfU 1997; HLUg 2003).

In Tab. 5 ist eine statistische Übersicht der Analyseergebnisse des Sondermessprogramms 2002 (Schwebstoff und Sediment) gegeben. Diese führte gem. Besprechungsprotokoll vom 22.01.2003 zu folgender Einstufung des Gewässers nach LAWA-Güteklassifizierung:

- Quecksilber: Güteklasse IV
- Cadmium: Güteklasse III-IV
- Zink: Güteklasse IV
- Kupfer, Blei, Chrom, Nickel: Zielvorgaben der LAWA nicht eingehalten
- Arsen: EU-Qualitätsziel von 40 mg/kg TS im Schwebstoff überall erfüllt

Die angegebenen Güteklassen sind hier nur orientierend aus Altgutachten angegeben. Die Schwermetalle werden nach aktuellen Bewertungsmaßstäben anhand der JD-UQN bzw. ZHK-UQN der OGewV (2016) gemessen.



Tab. 5: Statistische Übersicht der Schwebstoff- und Sedimentanalysen (Sondermessprogramm 2002, Schwermetalle)

Rechts- verbind- lichkeit	Parameter	Sedimentanalysen 2002				Schwebstoffanalysen 2002				UQN
		Mini- mum	Maxi- mum	Mittel- wert	Median	Mini- mum	Maxi- mum	Mittel- wert	Median	JD
Flussgebietspezifi- sche Schadstoffe (Anlage 6 OGeWV 2016)	Arsen [mg/kg]	11,6	118	32,4	20,2	3,2	20,8	12,5	12,6	40
	Chrom [mg/kg]	30,3	1610	353,1	199,5	17,5	242	136,2	149,0	640
	Kupfer [mg/kg]	69,8	1830	<b>319,0</b>	229,0	102	<b>325</b>	181,8	177,0	160
	Zink [mg/kg]	434	5160	2400	2100	1000	5820	2600	2400	800
Schwermetalle gemäß Anlage 8 OGewV 2016	Blei [mg/kg]	95,2	1260	433,7	347,5	48,6	307	193,2	192,0	-*
	Cadmium [mg/kg]	1,6	57,7	12,2	6,2	1,15	8,06	3,8	3,2	-*
	Nickel [mg/kg]	31	1470	255,5	101,0	12	112	64,5	65,0	-*
	Quecksilber [mg/kg]	0,5	150	20,8	9,9	0,6	14	5,1	3,4	-*
* UQN sind gemäß OGeWV 2016 (Anlage 8) allein für den Anteil in der Wasserphase sowie in Biota festge- schrieben, nicht für den Schwebstoff- und Sedimentanteil.										

In den untersuchten Wasserproben (filtriert, Kupfer und Quecksilber (gesamt)) zeigt sich insgesamt eine leicht abnehmende Belastung. Die Ursachen für die Peaks der Quecksilber- und Kupferwerte an den Brücken Trebur und Siebengeschwister um das Jahr 2016 sind unbekannt.



Abb. 8: Aktuelle Schadstoffentwicklung im Landgrabenwasser (filtrierte Proben)

### 3.2.2 PAK – polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Die PAK-Belastung im Gewässersystem ist gegenüber anderen hessischen Gewässern deutlich erhöht. Tab. 6 enthält eine Übersicht der gemessenen Gehalte im Sondermessprogramm 2002.

Tab. 6: Statistische Übersicht der Schwebstoff- und Sedimentanalysen (Sondermessprogramm 2002, PAK)

Parameter	Sedimentanalysen 2002				Schwebstoffanalysen 2002				UQN
	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	JD
Summe PAK (EPA) [µg/kg]	336	27700	8513,1	7460	33,4	27700	9451,3	9300	-*
Summe PAK (TVO) [µg/kg]	-	-	-	-	149	17090	5873,7	5928,5	-*
<b>*In der OGewV 2016 (Anlage 8) sind keine UQN für die Summe PAK festgelegt</b>									

PAKs zeigen nur eine geringe Wasserlöslichkeit und sind nachweislich stark karzinogen. Daher sind in der OGewV (2016) in erster Linie UQN festgeschrieben, welche in Biota-Proben nicht überschritten werden dürfen. Sind gemäß Anlage 8, Tabelle 2, Fußnote 2 für einen Stoff Biota-UQN und JD-UQN für die Gesamtwasserphase angegeben, darf die JD-UQN der Einstufung nur zugrunde gelegt werden, wenn die Erhebung von Biota-Daten nicht möglich ist.

Die in der OGewV 2016 geregelten PAKs beziehen sich, sofern nicht anders vermerkt, auf Fische. Für Fluoranthen und PAKs gemäß Nr. 28 (OGewV 2016 Anlage 8, Tabelle 2) bezieht sich die Biota-UQN auf Krebstiere und Weichtiere, für Dioxine und dioxinähnliche Verbindungen bezieht sich die Biota-UQN auf Fische, Krebstiere und Weichtiere. Nach OGewV 2016, Anlage 8, Tabelle 2, Fußnote 6 beziehen sich die Biota-UQN und die entsprechende JD-UQN der Gruppe der PAK (OGewV 2016: Anlage 8, Tabelle 2, Nr. 28) in Wasser, auf die Konzentration von Benzo[a]pyren (als Marker), auf dessen Toxizität diese beruhen.

Im Landgraben liegen keine verwendbaren Daten aus Biota (Muscheln) vor, daher werden Messungen aus den Wasserproben herangezogen.

Die aktuellen PAK-Werte (unfiltrierte Wasserproben) an der Brücke Trebur (vgl. Abb. 9) sind periodisch schwankend und zeigen eine leicht steigende Tendenz. Die genaue Ursache dafür ist unbekannt (ggf. Straßeneinflüsse).

Die JD-UQN von Benzo[a]pyren liegt bei 0,00017 µg/l (OGewV 2016: Anlage 8). Die TrinkwV (2001), auf welche sich die Summenbildung der PAK in Abb. 9 bezieht, gibt einen Grenzwert von 0,000010 mg/l (0,01 µg/l) an (Anlage 2). Diese Werte sind im Landgraben deutlich überschritten.

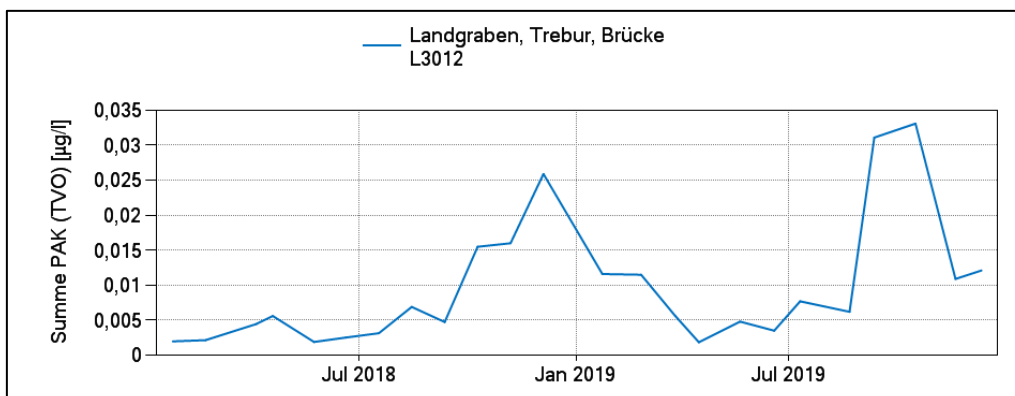


Abb. 9: Aktuelle PAK-Entwicklung im Landgrabenwasser (unfiltrierte Proben)

### 3.2.3 PCB – polychlorierte Biphenyle

PCB sind im gesamten Darmbach/Landgrabensystem erhöht. In der Regel überschreiten drei der sechs DIN-Kongenerere das Qualitätsziel von 20 µg/kg TS (HLUG, 2003).

Tab. 7: Statistische Übersicht der Schwebstoff- und Sedimentanalysen (Sondermessprogramm 2002, PCB)

Parameter	Sedimentanalysen 2002			Schwebstoffanalysen 2002			UQN
	Minimum	Maximum	Median	Minimum	Maximum	Median	JD
Summe PCB [µg/kg]	9,7	393	55,7	0,3	227	115	-*
*In der OGewV 2016 (Anlage 6) sind UQN für PCB auch Anteile im Schwebstoff- und Sediment festgelegt, aber nicht für die Summe PCB.							

### 3.2.4 Organische Schadstoffe

#### 3.2.4.1 Hexachlorcyclohexan (HCH)

Hexachlorcyclohexan (HCH) überschreitet im Schwebstoff die Zielvorgabe 10 µg/kg TS der ARGE-Elbe um das 8- bis 10-Fache (HLUG 2003). Gemäß OGewV (2016), Anlage 8 liegt die JD-UQN bei 0,02 µg/l und die ZHK-UQN bei 0,04 µg/l. In Wasserproben können Konzentrationen unter 0,05 µg/l HCH nachgewiesen werden. Diese liegen jedoch an der repräsentativen Messstelle 109 (Trebur, Brücke) unter der JD-UQN. An der Messstelle 125 (Darmbach) liegen die Messwerte zum Teil deutlich über der JD-UQN sowie der ZHK-UQN. Die Messstelle 125 ist jedoch für den OFWK Landgraben nicht repräsentativ.

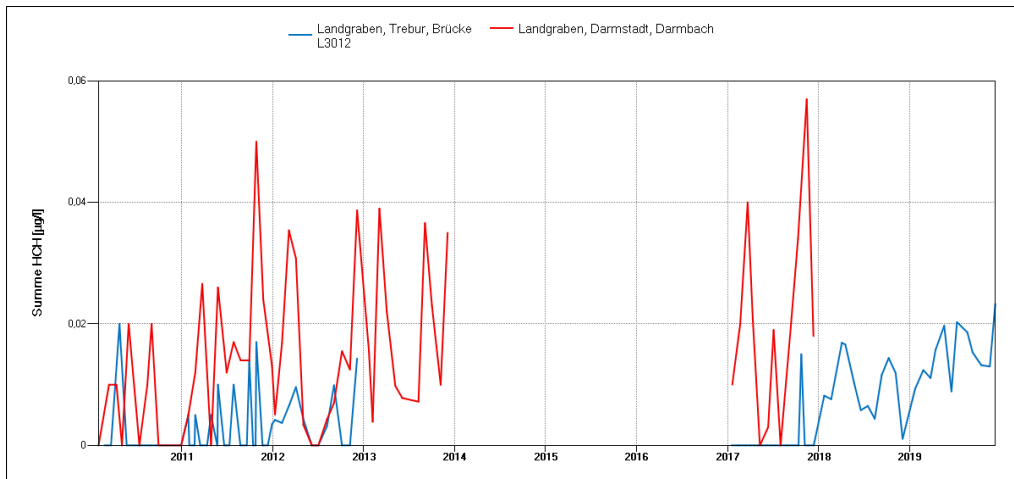


Abb. 10: HCH-Konzentrationen im Landgrabenwasser (unfiltrierte Proben)

### 3.2.4.2 Dikegulac (DAG)

Aktuell (bei Untersuchungen 2019) wurden unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen Darmstadt und Merck Dikegulac-Konzentrationen von 3,3 µg/l festgestellt. Zum Vergleich: Während der Vitamin-C-Produktion konnten bis zu 10 mg/l DAG im Wasser des Landgrabens nachgewiesen werden! Im Sediment des Landgrabens ist kein Dikegulac nachweisbar (HMUKLV 2020, abrufbar unter: <https://umwelt.hessen.de/presse/pressemitteilung/fruehwarnsystem-fuer-moegliche-dikegulac-belastung>).

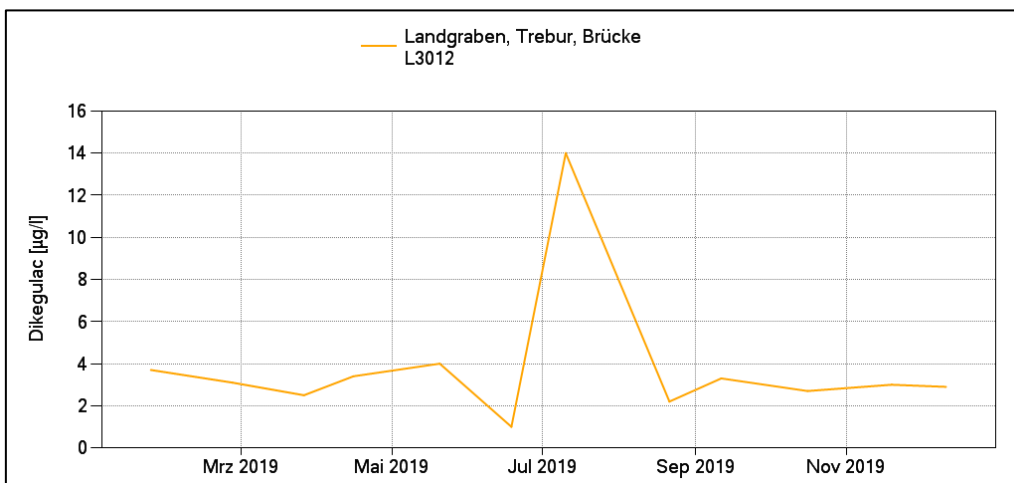


Abb. 11: Dikegulac-Konzentrationen im Landgrabenwasser (Untersuchungen 2019)

### 3.2.5 Weitere Spurenstoffe

Spurenstoffe wurden bisher im Landgraben (Sediment, Schwebstoff) nicht systematisch untersucht. In aktuellen Wasseranalysen werden u.a. Pflanzenschutzmittel (z.B. Mecoprop, Triclosan), Süßstoffe (Acesulfam, Sucralose) und Medikamentenrückstände (z.B. Ibuprofen) nachgewiesen (vgl. Abb. 12, s. nächste Seite).

Die JD-UQN von Mecoprop liegt bei 0,1 µg/l (OGewV 2016, Anlage 6). Dieser Wert ist an der repräsentativen Messstelle 109 (Trebur, Brücke) temporär in wiederkehrenden Abständen in deutlichen Peaks überschritten.

Die JD-UQN von Triclosan liegt bei 0,02 µg/l (OGewV 2016, Anlage 6). Dieser Wert ist an der repräsentativen Messstelle 109 überschritten. Triclosan ist ein antimikrobieller Wirkstoff, der eine breite Anwendungspalette hat. Er wird bei der Herstellung von Bedarfsgegenständen, kosmetischen Präparaten und Desinfektionsmitteln, als Biozid und Konservierungsstoff eingesetzt.

Der Süßstoff Sucralose zeigt an der repräsentativen Messstelle 109 eine stark steigende Tendenz von ca. 10 µg/l im Jahr 2015 auf 25 bis 30 µg/l im Jahr 2017, während die Medikamente gleichbleibend zwischen 0,1 und 0,2 µg/l im Landgrabenoberflächenwasser nachweisbar sind.

Für die genannten Süßstoffe und Medikamente gibt es keine festgesetzten Umweltqualitätsnormen.

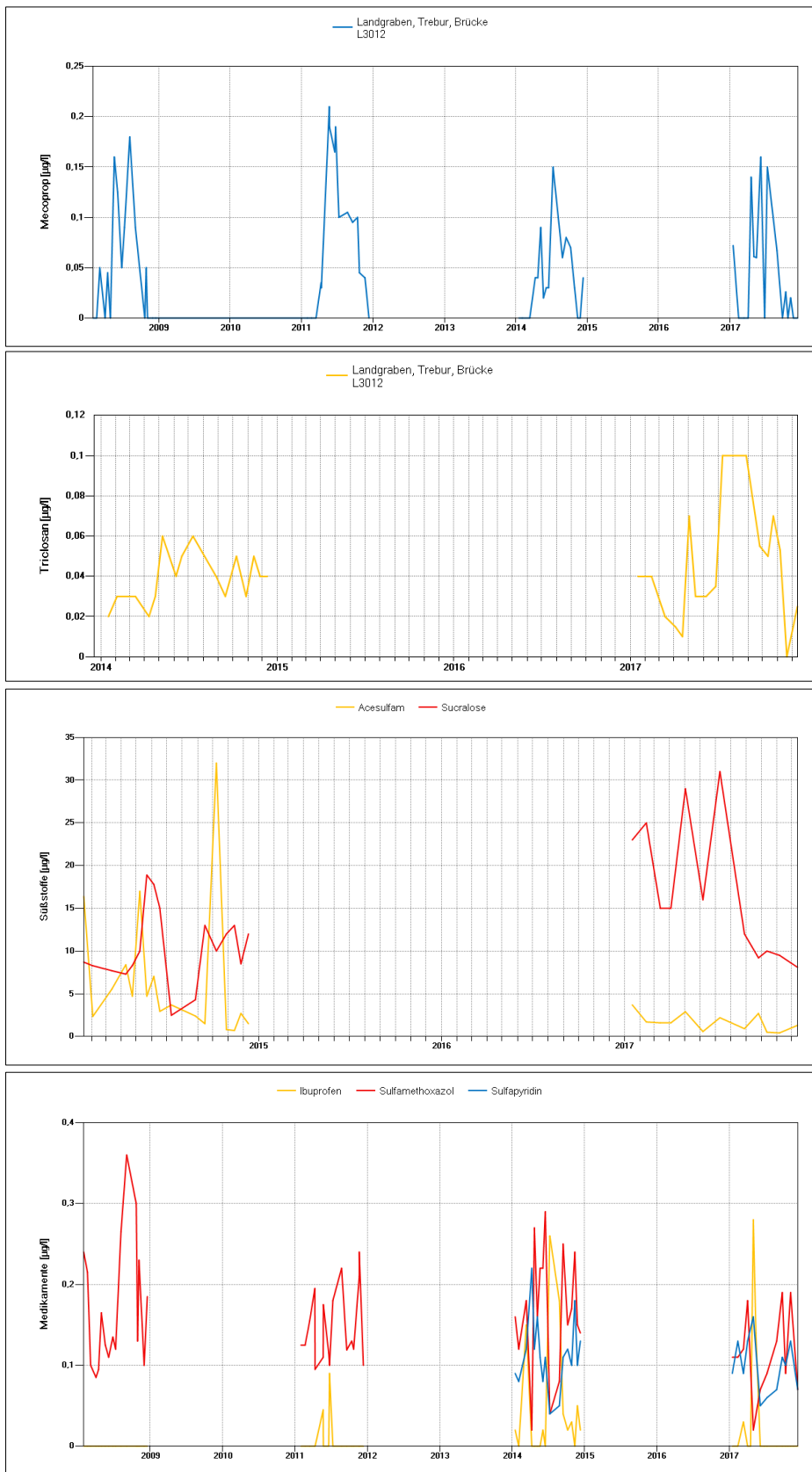


Abb. 12: Entwicklung ausgewählter Spurenstoff-Konzentrationen im Landgrabenwasser (unfiltrierte Proben, Messstelle Trebur)

### 3.2.6 Vergleichbarkeit der Belastung der verschiedenen Kompartimente

Die Schwermetallgehalte in der wässrigen Phase des Landgrabens liegen in der Regel im Bereich der Bestimmungsgrenze oder darunter. Da sich die Stoffe im Schwebstoff und Sediment anreichern, können sie hier leichter analytisch erfasst werden. Die festgestellten Gehalte im Schwebstoff stellen dabei die aktuelle Belastung des Gewässers dar, während die im Sediment gemessenen Belastungen auch aus früheren Einleitungen stammen können (Anreicherung über Jahre). Somit spiegeln die Schwebstoffanalysen ein aktuelleres Bild der Belastung wider (HLfU 1997).

### 3.2.7 Hauptkontaminationsbereiche

Aussagen über die Verteilung der vorliegenden Belastungen lassen sich nur auf Grundlage umfangreicher Untersuchungen treffen. Dies ist hier nur für die Schwermetalle möglich, deren Konzentrationen einerseits im Sediment für unterschiedliche Kornfraktionen untersucht wurden (TuP 1993), andererseits ein chemisches Längsprofil für Sediment- und Schwebstoffe erstellt wurde (HLUG 2003).

#### Verteilung hinsichtlich der Kornfraktion

Im Sediment haben sich die Schwermetalle im Wesentlichen in der Feinfraktion (Ton-Schluff-Fraktion <0,025 mm) aufkonzentriert. Da der Anteil dieser Fraktion an der Gesamtfraktion jedoch lediglich 5 bis 12 % beträgt, sind dennoch ca. 20 bis 40 % der Schwermetalle im Sediment in der Fraktion >0,025 mm gebunden (TuP 1993).

#### Verteilung hinsichtlich des Landgrabenverlaufs

Die Ergebnisse der Sonderuntersuchung 2002 (HLUG 2003) sind in Tab. 8 (Schwebstoffe) und Tab. 9 (Sediment) jeweils bachaufwärts dargestellt.

Es zeigt sich für Cadmium, Kupfer und Quecksilber eine Anreicherung der Schwebstoffgehalte bachabwärts in Richtung Mündung in den Schwarzbach (FKM 0). Lediglich die Zinkgehalte sind im **Schwebstoff** etwa im Abschnitt FKM 21,2//20-14 (u.a. Regenüberläufe Darmstadt) am höchsten und zeigen danach leichte Verdünnungseffekte.



Tab. 8: Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchung 2002

Flusskilometer	Cadmium	Kupfer	Quecksilber	Zink
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
FKM -2,5	6,7	205	7,3	1560
FKM -0,4	6,13	190	7,6	1530
FKM 0	5,88	177	1	1070
FKM 0,3	5,56	191	11	1780
FKM 1,4	6,97	220	12	2090
FKM 3,7	6,53	197	12	1900
FKM 5,5	4,3	183	7,7	1930
FKM 8	5,12	243	7,3	2930
FKM 9,2	3,32	179	5,6	3030
FKM 10	3,11	170	4,9	3110
FKM 13,1	1,46	102	2,6	2430
FKM 13,9	2,19	145	3,6	4790
FKM 15,8	2,36	145	3,4	2970
FKM 17	1,98	150	3	4390
FKM 17,8	1,98	174	2,2	2730
FKM 18,4	1,9	195	2,4	2950
FKM 19,3	1,74	150	2,4	2980
FKM 20,4	3,16	325	1,2	4720
FKM 20,9	1,43	166	1	1730
FKM 21,1	2,2	170	0,6	1100
FKM 21,2	1,15	149	3	5820
FKM 22,4	3,8	124	1	1000

JD-UQN-Überschreitungen sind fett markiert: Kupfer (160 mg/kg), Zink (800 mg/kg)

Für alle anderen Parameter sind gemäß OGewV 2016 (Anlage 6 und 8) UQN allein für den Anteil in der Wasserphase festgeschrieben (für Quecksilber auch in Biota), nicht für den Schwebstoff- und Sedimentanteil

Die relative Farbgebung spiegelt keine Gefährdungssituation wider!  
rot: Maximum; grün: Minimum

Tab. 9: Ergebnisse der Sedimentuntersuchung 2002

FKM	Summe PCB exkl. BG [µg/kg]	Summe PAK nach EPA inkl. BG [µg/kg]	Arsen [mg/kg]	Blei [mg/kg]	Cad- mium [mg/kg]	Chrom [mg/kg]	Kupfer [mg/kg]	Nickel [mg/kg]	Zink [mg/kg]	Quecksilber [mg/kg]
20,5	148	24000	15,7	451	11,4	92,5	247	53,3	2780	2,2
17,8	54,6	8540	35,9	923	6,3	237	346	96,9	4150	7,5
17	85,4	9330	27,5	501	4,18	157	204	67,3	3880	5,6
Hohe Brücke	393	27700	48	707	29,1	563	361	337	3350	27
13,1	55,7	10500	22	586	4,01	182	196	51,7	3640	7,2
11,8	18,5	2110	14,6	462	4,92	191	238	93,7	2300	11
10,3	16,8	8840	16,4	394	4,29	167	204	70,4	2670	9,1
10	310	7460	14,6	273	3,71	159	164	105	1770	6,6
9,2	22,7	2820	13,7	300	4,74	241	221	119	2170	10
9	-	-	24,9	559	15,1	647	384	532	2770	29
8	24,2	1540	12,7	284	3,87	208	174	84,1	1620	10
7,3	-	-	118	1260	57,7	766	1830	922	5160	150
4,755	-	-	39,6	293	26,3	581	226	197	1780	22
4,73	-	-	111	713	38,6	1610	657	1470	3990	63
3,7	57,3	10900	21,3	245	6,8	165	232	92,4	1310	17
3,2	-	-	12,1	108	1,6	130	79	75	453	5
2,4	-	-	52,8	324	11,9	614	241	468	1690	22
1,2	-	-	14,6	154	2,4	172	107	107	712	7,8
0,3	107	7430	19	371	9,14	470	318	260	1790	28
0	9,69	336	49,1	95,2	2,17	30,3	69,8	31	434	0,5
-0,4	28,8	1330	17,9	320	14,1	241	313	311	2000	9,8
-2,5	160	4860	11,6	218	6,12	144	206	76,8	1370	6,6

JD-UQN-Überschreitungen sind fett markiert: Arsen (40 mg/kg), Chrom (640 mg/kg), Kupfer (160 mg/kg), Zink (800 mg/kg)  
Für alle anderen Parameter sind gemäß OGeV 2016 (Anlage 6 und 8) UQN allein für den Anteil in der Wasserphase fest-  
geschrieben, nicht für den Schwebstoff- und Sedimentanteil

Die relative Farbgebung spiegelt keine Gefährdungssituation wider!  
rot: Maximum; grün: Minimum

Im **Sediment** zeigen sich die Maximalgehalte im Bereich FKM 4-7. Tendenzen hinsichtlich einer möglichen Aufkonzentration bachabwärts sind nicht eindeutig zu erkennen. Vielmehr handelt es sich um vereinzelte Bereiche, in denen scheinbar bevorzugt Sedimentation stattfindet bzw. stattgefunden hat (z.B. FKM 9, FKM 2,4). Zudem können hier möglicherweise Rückschlüsse auf belastete Zuflüsse gezogen werden.

Anmerkung zur PN-Stelle „Hohe Brücke“: Trotz der z.T. erheblich erhöhten Werte stellt dieser Bereich keine Belastungsquelle für den Darmbach/Landgraben dar, da ein Abfluss in das Oberflächengewässersystem kaum gegeben ist (HLUG 2002).

### 3.2.8 Ökologischer und chemischer Zustand des Landgrabens

Wie in Kapitel 2.3.3 beschrieben, ist das Bewirtschaftungsziel für den Oberflächenwasserkörper (OFWK) DEHE 23986.1 Landgraben/Griesheim der gute ökologische und chemische Zustand.

Aktuelle Biotadaten des HLNUG (2016-2020) zeigen im Landgraben folgende Bewertungen:

Tab. 10: Bewertungsergebnisse nach den Bewertungsmethoden Perloides, fiBs und Phylib für die Biota im DEHE 23986.1 Landgraben/Griesheim

Messstelle	Diatomeen	Fische	Makrophyten	Makrozoobenthos
ChemieMST Landgraben, Trebur, Bruecke L30 12	gut (2016) mäßig (2018) [Gutachter: unbefriedigend]	-	-	-
Landgraben, Ortsrand Darmstadt, östlich Riedbahn	-	schlecht (2018)	-	-
Landgraben, westlich Waldkolonie Darmstadt - Mitte	-	unbefriedigend (2018)	-	-
Landgraben, westlich A 5, östlich Hof Gehaborn	-	schlecht (2018)	-	-
Landgraben/Griesheim unterhalb Wallerstädten	-	mäßig (2018)	-	-
Landgraben, Ortsrand Darmstadt			schlecht (2017) [Gutachter: unbefriedigend] mäßig (2020)	schlecht (2017)
Landgraben, südlicher Ortsrand Groß-Gerau			unbefriedigend (2017) schlecht (2020) [Gutachter: unbefriedigend]	unbefriedigend (2017)
Landgraben bei Dornberg				unbefriedigend (2019)

Gewässerstrukturelle Rahmenbedingungen:

Der Landgraben unterhalb Wallerstädten erhält im überwiegenden Teil der Probestellen aufgrund des Ausbauszustands (eingetieft, eingedeicht, geradliniger Verlauf) die Gesamtstrukturklasse 6-7.

Diatomeen:

Die Probestelle zeigt im Jahr 2018 im Vergleich zu 2016 eine Artengesellschaft mit wenigen eine Eutrophierung anzeigenden, dominierenden Arten.

Fische:

Unter den 18 gefundenen Fischarten kommen 3 Neozoen-Arten aus der Familie der Grundel sowie 8 typspezifische Arten aus der Referenzzönose der Barbenregion (19 D) vor. Nase und Schmerle als Leitarten fehlen jedoch.

**Makrophyten:**

Die Artengemeinschaft ist durch den Gewässerausbau mit Betonschalen lokal sehr stark begrenzt an Stellen mit ausreichender Substratschicht ausgebildet und zeigt zum Teil Nährstoffbelastungen bis hin zur Eutrophierung sowie – höchstwahrscheinlich durch die Gewässerbegradigung bedingt – an einzelnen Stellen auch potamale Ausprägungen und dominant vorkommende Arten.

**Makrozoobenthos (MZB):**

Die Zoozönose ist abschnittsweise sowohl typgerecht als auch nicht typgerecht zusammengesetzt, aber überwiegend artenarm ausgebildet; es treten belastungstolerante Arten auf. EPT-Taxa sind stark defizitär, was auf Strukturarmut und geringe Habitatvielfalt der Gewässersohle hindeutet. Neozoon weisen große Abundanzen auf. Die Zönose zeigt somit deutliche Hinweise auf vorhandene stoffliche und hydromorphologische Belastungen.

Nachfolgend ist die chemische Bewertung des o. g. OFWK gemäß Bewirtschaftungsplan 2015-2021 angegeben und wird mit den aktuellen Ergebnissen der repräsentativen Landesmessstellen für Schwebstoffe (Messstelle 124), filtrierte und unfiltrierte Wasserproben (Messstelle 109) und Biota (Messstelle 827) verglichen.

Tab. 11: Übersicht der Bewertung der Qualitätskomponenten zur Beurteilung des ökologischen und chemischen Zustands des Landgraben/Griesheim (OFWK DEHE\_23986.1)

Qualitätskomponenten (QK)		Bewertung gemäß BWP2015	Bewertung nach aktualisierten Daten	Beurteilungswerte gemäß OGWV 2016 (Typ 19)	Zielerreichung 2021
<b>Ökologischer Zustand</b>					
Biologische QK	Makrozoobenthos • Saprobie • Allg. Degradation • Versauerung	schlecht mäßig schlecht nicht relevant	vgl. Tab. 10	min. gute Qualitätsklassen bei NWB	Nein
	Fischfauna	schlecht			
	Makrophyten / Phytobenthos	unbefriedigend (Makrophytenverödung)			
	Diatomeen	gut			
Hydromorphologische QK	Strukturell defizitäre Bereiche	96,7 % (weitgehender Ufer- und Sohlverbau)	/	/	-
	Querbauwerke ohne (mit eingeschränkter) Durchgängigkeit	ja	ja		
Allgemeine physikalisch-chemische QK (ACP, gemäß Anlage 7 OGWV 2016)	Sauerstoff	5,3 mg/l (Min.)	4,3 mg/l <sub>2015-2018</sub> (Min.)	> 7 mg/l	-
	Phosphor (ges.)	0,48 mg/l (MW)	0,18 mg/l (MW)	≤ 0,15 mg/l	-

Qualitätskomponenten (QK)		Bewertung gemäß BWP2015	Bewertung nach aktualisierten Daten	Beurteilungswerte gemäß OGeWV 2016 (Typ 19)	Ziel-erreichung 2021
	Ortho-Phosphat	0,34 mg/l (MW)	0,09 mg/l (MW)	≤ 0,10 mg/l	-
	Ammonium-N	0,12 mg/l (MW)	0,20 mg/l (MW)	≤ 0,10 mg/l	-
	Chlorid	157 mg/l <i>erhöhte Belastung &gt; 150 mg/l</i>	179 mg/l <i>erhöhte Belastung &gt; 150 mg/l</i>	≤ 200 mg/l	-
Flussgebietsspezifische Schadstoffe (FGS, gemäß Anlage 6 OGeWV 2016)	<b>Schwermetalle:</b>				
	Zink	Überschreitungen an Messstelle 124 (vgl. Abb. 14)	Überschreitung an Messstelle 124 (vgl. Abb. 14)	800 mg/kg	Nein
	<b>Pestizide:</b>				
	Dimethoat	Überschreitung an Messstelle 109 (UQN > 0,1 µg/l)	eingehalten	0,07 µg/l (JD-UQN), 1 µg/l (ZHK-UQN)	Ja
	Triclosan	MST 109 Trebur 2017: 0,044 µg/l	Überschreitung an Messstelle 109 (vgl. Abb. 15)	0,02 µg/l (JD-UQN), 0,2 µg/l (ZHK-UQN)	Nein
<b>Chemischer Zustand</b>					
Chemische QK (gemäß Anlage 8 OGeWV 2016)	<b>-Pestizide:</b>	eingehalten	eingehalten	/	Ja
	<b>Schwermetalle:</b>				
	Quecksilber	ubiquitäre überschritten	MST 827 2018: 0,16 mg/kg ubiquitäre überschritten	0,02 mg/kg (Biota-UQN), 0,07 µg/l (ZHK-UQN)	Nein
	<b>Sonstige Schadstoffe:</b>				
	Fluoranthen <sup>1</sup>	/	Überschreitung an Messstelle 109 (vgl. Abb. 16)	0,0063 µg/l (JD-UQN) 0,12 µg/l (ZHK-UQN); 30 µg/kg (Biota-UQN)	Nein
	Benzo(ghi)perylen <sup>1,2</sup>	/	Überschreitung an Messstelle 109 (vgl. Abb. 17)	0,00082 µg/l (ZHK-UQN); 5 µg/kg (Biota-UQN)	Nein
	Bromdiphenylether (BDE)	ubiquitäre überschritten	MST 827 2018: 0,468 mg/kg ubiquitäre überschritten	0,0085 µg/kg (Biota-UQN)	Nein
<p><sup>1</sup> Für Fluoranthen (Nr. 15, Tabelle 2, Anlage 8, OGeWV 2016) und die PAKs (Nr. 28, Tabelle 2, Anlage 8, OGeWV 2016) beziehen sich die Biota-UQN auf Krebstiere und Weichtiere. Sind für einen Stoff Biota-UQN und JD-UQN für die Gesamtwasserphase vorgesehen, darf die JD-UQN der Einstufung nur zugrunde gelegt werden, wenn die Erhebung von Biota-Daten nicht möglich ist (Auszug aus Fußnote 2 o.g. Tabelle in der OGeWV 2016).</p> <p><sup>2</sup> Bei der Gruppe PAKs (Nr. 28, Tabelle 2, Anlage 8, OGeWV 2016) beziehen sich die Biota-UQN und die entsprechende JD-UQN in Wasser auf die Konzentration von Benzo[a]pyren, auf dessen Toxizität diese beruhen. Benzo[a]pyren kann als Marker für die anderen PAKs betrachtet werden (Auszug aus Fußnote 6 o.g. Tabelle in der OGeWV 2016). Für Benzo(ghi)perylen liegt eine ZHK-UQN vor, welche für die Bewertung zugrunde gelegt wird.</p>					

Die JD-UQN von Zink liegt bei 800 mg/kg (OGeWV 2016, Anlage 6). Dieser Wert wird im Landgraben an der repräsentativen Schwebstoffmessstelle 124 seit dem Jahr 2007 deutlich überschritten (Messwerte zwischen 1.000 und 2.000 mg/kg).

Die JD-UQN von Triclosan liegt bei 0,02 µg/l (OGewV 2016, Anlage 6). Dieser Wert wird im Landgraben an der repräsentativen Messstelle 109 seit 2007 deutlich überschritten (Messwerte bis zu 0,1 µg/l).

Die JD-UQN von Fluoranthen liegt bei 0,0063 µg/l (OGewV 2016, Anlage 8). Dieser Wert wird im Landgraben an der repräsentativen Messstelle 109 zum Teil deutlich überschritten. Biota-Daten liegen nicht vor.

Die ZHK-UQN von Benzo(ghi)perylen liegt bei 0,00082 µg/l (OGewV 2016, Anlage 8). Dieser Wert wird im Landgraben an der repräsentativen Messstelle 109 deutlich überschritten. Biota-Daten liegen nicht vor.

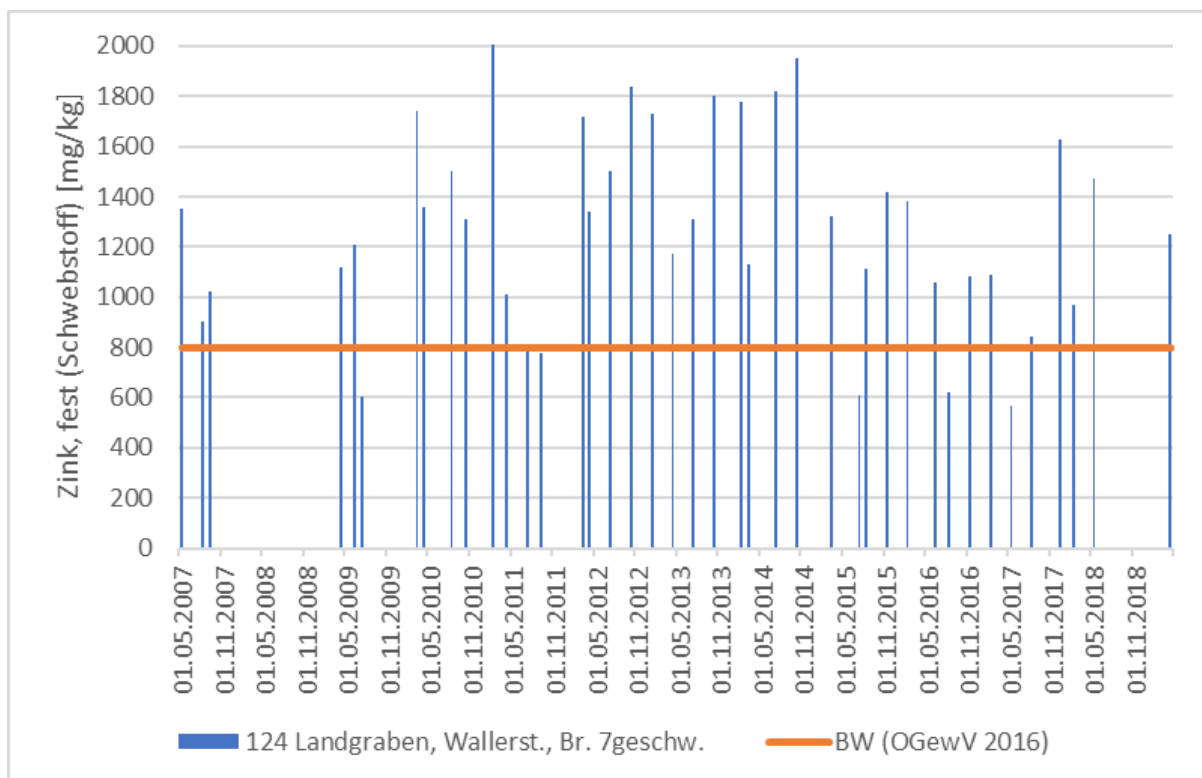


Abb. 13: Aktuelle Zink-Entwicklung im Landgrabenwasser (Schwebstoffprobe) an der repräsentativen Messstelle 124

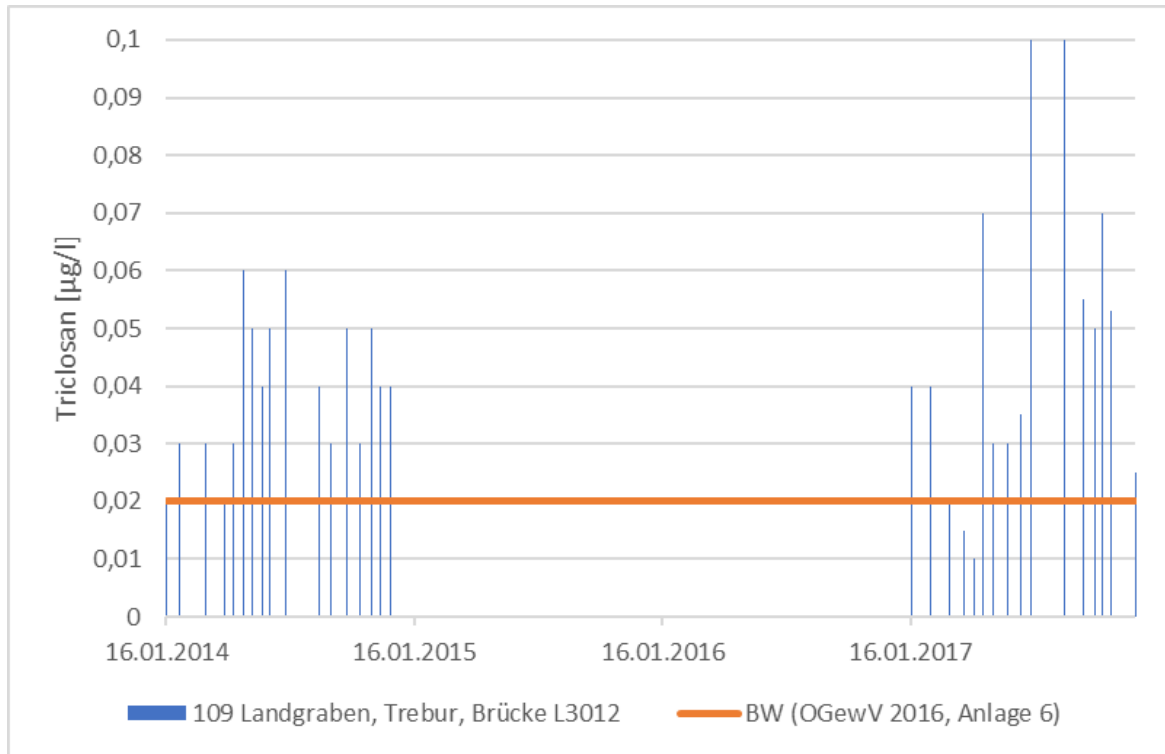


Abb. 14: Aktuelle Triclosan-Entwicklung im Landgrabenwasser (Wasserprobe) in der repräsentativen Messstelle 109

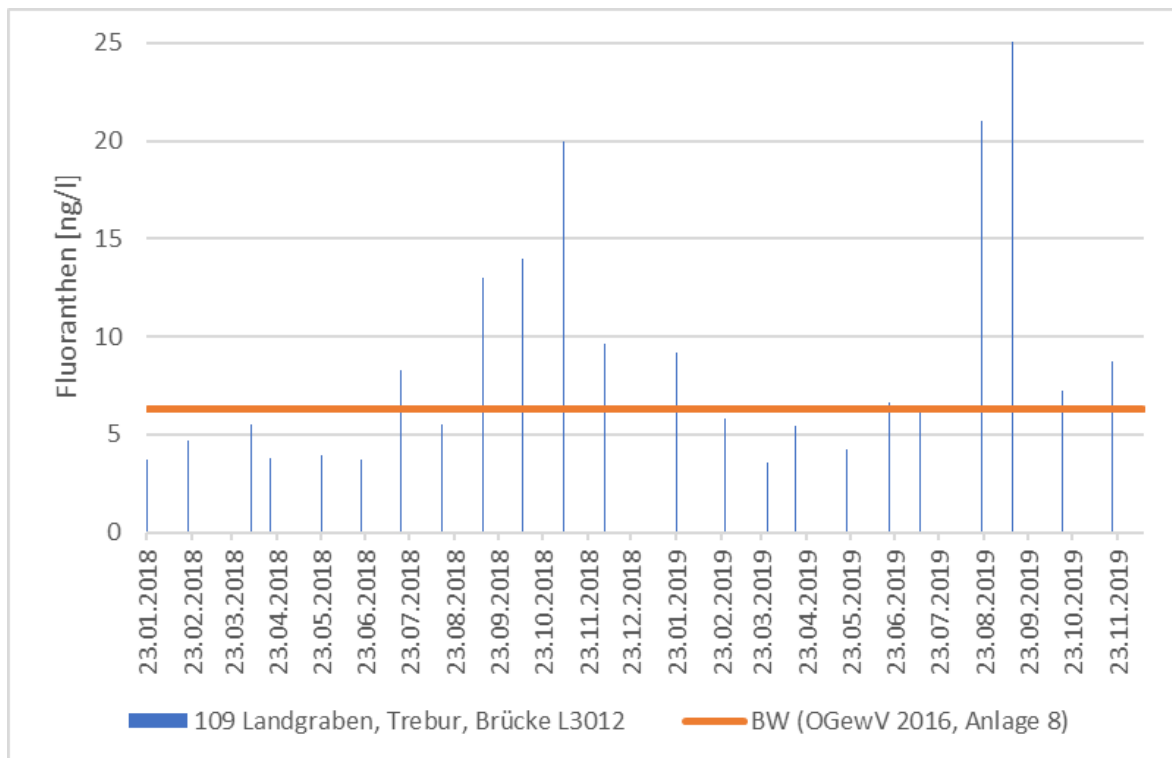


Abb. 15: Aktuelle Fluoranthene-Entwicklung im Landgrabenwasser (Wasserprobe) an der repräsentativen Messstelle 109

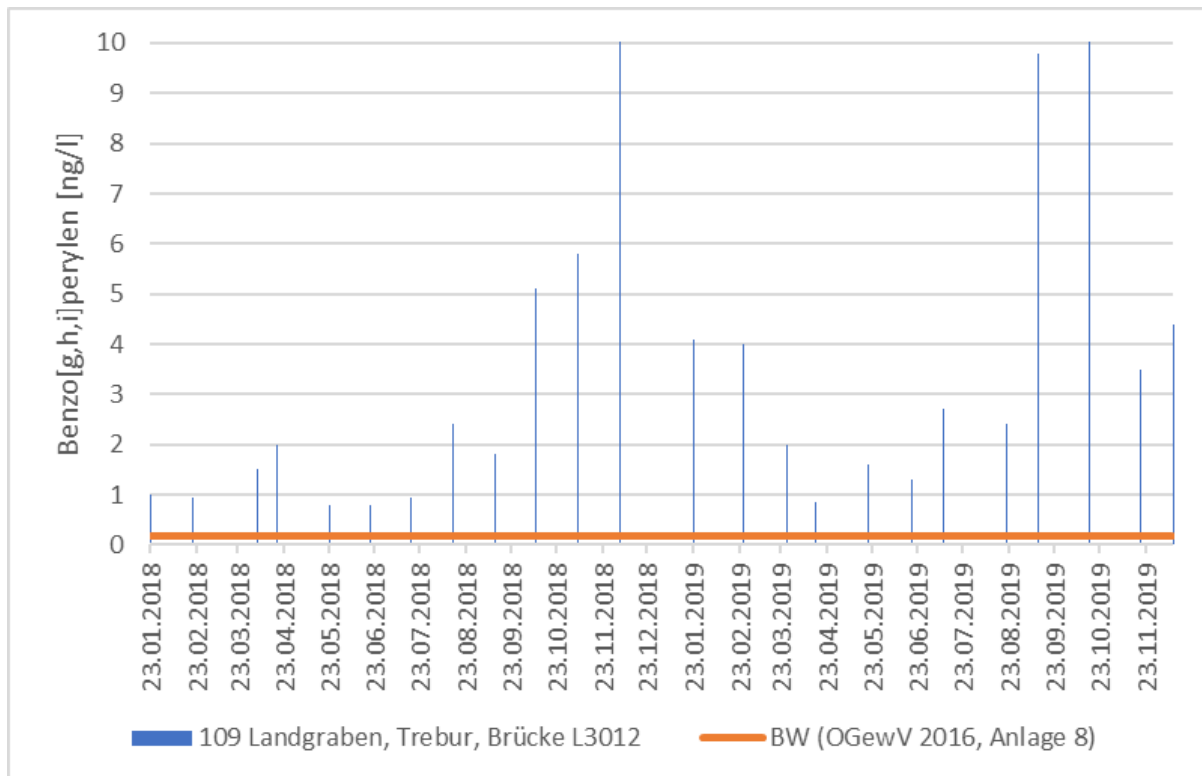


Abb. 16: Aktuelle Benzo(ghi)perylen-Entwicklung im Landgrabenwasser (Wasserprobe) an der repräsentativen Messstelle 109

### Zwischenfazit

Der ökologische Zustand (ÖZ) des Landgrabens gemäß BWP 2015-2021 ist mit „schlecht“ bewertet, was auf die Qualitätskomponenten Makrozoobenthos und Fische zurückzuführen ist. Der Landgraben ist von Darmstadt bis südlich von Groß-Gerau morphologisch stark degradiert, was die schlechte Bewertung des Makrozoobenthos erklärt. Die artenarme Zönose ist nicht typgerecht entwickelt und zeigt stoffliche und hydromorphologische Belastungen aufgrund vorhandener Feinsedimente und intensiver Gewässerunterhaltung. Der Saprobien-Index ist überwiegend mäßig. Die Fischfauna zeigt an allen Untersuchungsstellen starke Abweichungen von der jeweiligen Referenzzönose und zeigt zudem eine fehlende Reproduktion anhand der Altersstruktur. Nachteilig beeinflusst wird die Fischfauna durch das befestigte Gewässerprofil sowie fehlende Lauf- und Uferstrukturen. Das Gewässer unterliegt einer starken anthropogenen Überprägung.

***Hinweis:** Die Zuordnung des Landgrabens zum FiGT „Untere Forellen- bzw. Äschenregion“ ist vor dem Hintergrund der potenziell natürlichen Gefälle- und Abflussverhältnisse kritisch zu prüfen und ggf. im Rahmen der weiteren Bewirtschaftungsplanung anzupassen. Forellen sowie Äschen (Salmoniden) stellen hohe Ansprüche an ihre Habitatqualität und bevorzugen sauerstoffreiches, schnell fließendes Wasser mit einer hohen Substratdiversität. Der ausgewiesene Gewässertyp 19 zeichnet sich jedoch durch sein relativ geringes Gefälle (< 2 Promille) sowie geringe Fließgeschwindigkeiten aus. Im Tiefland sind*



*Salmoniden-Gewässer auf Laufabschnitte beschränkt, denen natürlicherweise ganzjährig große Mengen kühles Grundwasser zufließen.*

Die Qualitätskomponenten Diatomeen und Makrophyten sind im Unterlauf „unbefriedigend“. Die Dominanz von *Potamogeton pectinatus* in Zusammenhang mit dem ausgeprägten Algenwachstum deutet auf Eutrophierungsprozesse im Gewässer hin. Die ACP Ammonium-N, Phosphor gesamt und Ortho-Phosphat sind als „nicht eingehalten“ im Wasserkörper-Steckbrief eingestuft.

Die flussgebietspezifischen Schadstoffe nach Anlage 6 OGewV 2016 zu denen Arsen, Chrom, Kupfer, Zink und Tricloson (Biozid) gehören, halten die UQN nicht ein. Der chemische Zustand wird ebenfalls mit „nicht gut“ bewertet, was an der UQN-Überschreitung von Quecksilber, Bromdiphenylether (BDE) sowie an den sonstigen Schadstoffen wie Fluoranthen und Benzo[ghi]perylen liegt. Quecksilber und BDE werden in Hessen in allen Oberflächenwasserkörpern überschritten.

### 3.2.9 Ursachen der Belastung

Der Darmbach unterhalb Darmstadts wird ausschließlich von kommunalem Abwasser der Stadt Darmstadt (Zentralkläranlage, zKA Da, FKM 21,1) und der industriellen Kläranlage der Fa. Merck (iKA Merck, FKM 22,4) gespeist. Auch weiter unterhalb kann der Abwasseranteil bei Trockenwetter über 80 % betragen (HLUG 2003).

Die Belastung, insbesondere im Sediment des Landgrabens, resultiert deshalb im Wesentlichen aus der **Einleitung von Kläranlagen-Abwasser in der Vergangenheit**. Aufgrund der schlechten Löslichkeit der Schwermetalle sind jedoch die Gehalte im Bachwasser nur bei Zink erhöht. Detaillierte Untersuchungen haben gezeigt, dass durch die zunehmende Verbesserung der Wasserqualität eine Remobilisierung der Schwermetalle Zink und Kupfer möglich ist (Eccarius et al. 2002).

Die Stoffeinträge über Kläranlagen sind im Lauf der Jahre zurückgegangen, da die Abwasserbehandlung sukzessive verbessert wurde.

Nach neueren Untersuchungen der Kläranlagenabläufe (Berthold et al. 2016) sind aktuell folgende Stoffeinträge in den Landgraben über die Abwässer relevant:

1. Kommunale Abwässer (Zentralkläranlage, zKA Darmstadt)
  - Arzneimittel (Diclofenac, Antibiotika, Antiepileptika)
  - Pflanzenschutzmittel
  - Süßstoffe
  - Korrosionsschutzmittel

## 2. Industrielle Kläranlage (Fa. Merck)

- Schwermetalle
- PFC, PFAS
- Süßstoffe, Korrosionsschutzmittel (geringe Konzentrationen)

**Weitere Zuflüsse und Einleitungen** sind in Tab. 12 aufgeführt. Diese sind jedoch (nach HLUg 2003) ebenso wie der Zufluss von Grundwasser (Landwirtschaft, Altlasten) für die Landgraben-Gesamtbelastung nachrangig.

Auf Grundlage der vorliegenden Sedimentergebnisse (vgl. Abschn. 3.2.7) könnte nach unserer Einschätzung jedoch auch der **Schlimmergraben** (Abflüsse der Deponie Büttelborn sowie der Kläranlagen Büttelborn und Weiterstadt) möglicherweise relevant sein. Eine Quantifizierung der Zulaufkonzentrationen und -mengen in den Landgraben wurde (nach den uns vorliegenden Erkenntnissen) bisher nicht durchgeführt.

Unklar sind u.E. auch die Einflüsse der Straßeneinleitungen (**Regenüberläufe**).

Tab. 12: Zuflüsse und Einleitung in das Darmbach/Landgrabensystem unterhalb der ZKA Darmstadt (Quelle: HLUg 2003)

FKM (ca.)	Uferseite	Einleitung / Zufluss
20,7	links	Regenüberlauf 15, Darmstadt
20,5	links	Regenüberlauf 13, Darmstadt
9,3	rechts	Regenüberlauf Büttelborn
8,7	rechts	Schlimmergraben Büttelborn (kKA Büttelborn, kKA Weiterstadt)
7,3	links	Regenüberlauf oberhalb GG-Berkach
4,8	links	Herrngraben (Regenüberlauf Wallerstädten)
4,0	links	Regenüberlauf des RÜB Wallerstädten

Die HCH-Belastung kann eindeutig den **HCH-Altlasten auf dem Gelände der Fa. Merck** zugeschrieben werden (HLUG 2003). Inzwischen ist eine deutliche Reduktion der Emissionen feststellbar (Arcadis 2019).

Diacetonketogulonsäure (DAG, Dikegulac) und das Decarboxylierungsprodukt Diaceton-L-sorbose (DAS) stammen als **Abfallprodukte aus der Vitamin C-Produktion der Fa. Merck**. Diese wurde im Jahr 1999 eingestellt, seitdem wird kein Dikegulac mehr eingeleitet (HMUKLV 2020 (abrufbar unter: <https://umwelt.hessen.de/presse/pressemitteilung/fruehwarnsystem-fuer-moegliche-dikegulac-belastung>)). Hieraus folgt, dass die vorhandenen Dikegulac-Konzentrationen durch frühere Auswaschungen aus dem Sediment stammen oder bei effluenten Verhältnissen aus dem belasteten Grundwasser zurück in den Vorfluter exfiltriert werden (HMUKLV 2020 (abrufbar unter: <https://umwelt.hessen.de/presse/pressemitteilung/fruehwarnsystem-fuer-moegliche-dikegulac-belastung>)).

### 3.2.10 Mögliche Gefährdung des Grundwassers (hydraulische Situation)

Umfangreiche Untersuchungen der Grundwasser- und Bachwasserstände, auch in Form von aufwändigen Modellierungen (BGS 2004, vgl. Abb. 19), haben gezeigt, dass der Bachwasserstand temporär über dem Grundwasserspiegel liegt, sodass in diesen Zeiten verunreinigtes Bachwasser in das Grundwasser infiltrieren und folglich über den Grundwasserpfad die Wassergewinnung der dortigen Wasserwerke gefährden kann (Eccarius et al. 2002).

Nach einer Auswertung der Wasserstände durch Arcadis / TuP (2000) (vgl. Abb. 18) wird das hydrologische Winterhalbjahr tendenziell mit effluenten und das Sommerhalbjahr mit influenten Verhältnissen beschrieben, wobei lokale Abweichungen vorliegen. Nach Häbel (1991) (vgl. Abb. 14) führt der abgesenkte Wasserspiegel (benachbartes Wasserwerk Dornheim) in manchen Bereichen sogar zu ganzjährig influenten Verhältnissen. Der abgesetzte Schlamm stellt dabei eine entscheidende hydraulische Barriere zwischen Bach- und Grundwasser dar (Häbel 1991).

In den Abbildungen 17 bis 19 sind die aus den o.g. Untersuchungen (Häbel, TuP, BGS) resultierenden Infiltrationsbereiche qualitativ bzw. quantitativ schematisch dargestellt. Dabei stimmen die Ergebnisse hinsichtlich der Hauptinfiltrationsbereiche überein.

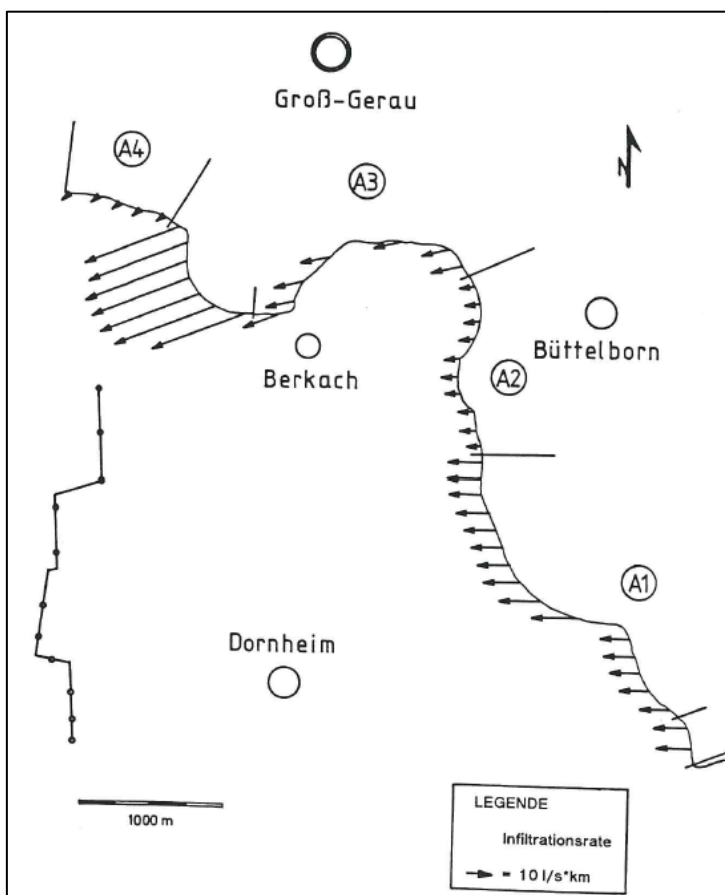


Abb. 17: Infiltrationsraten im Bereich der untersuchten Landgrabenstrecke (Häbel, 1991)

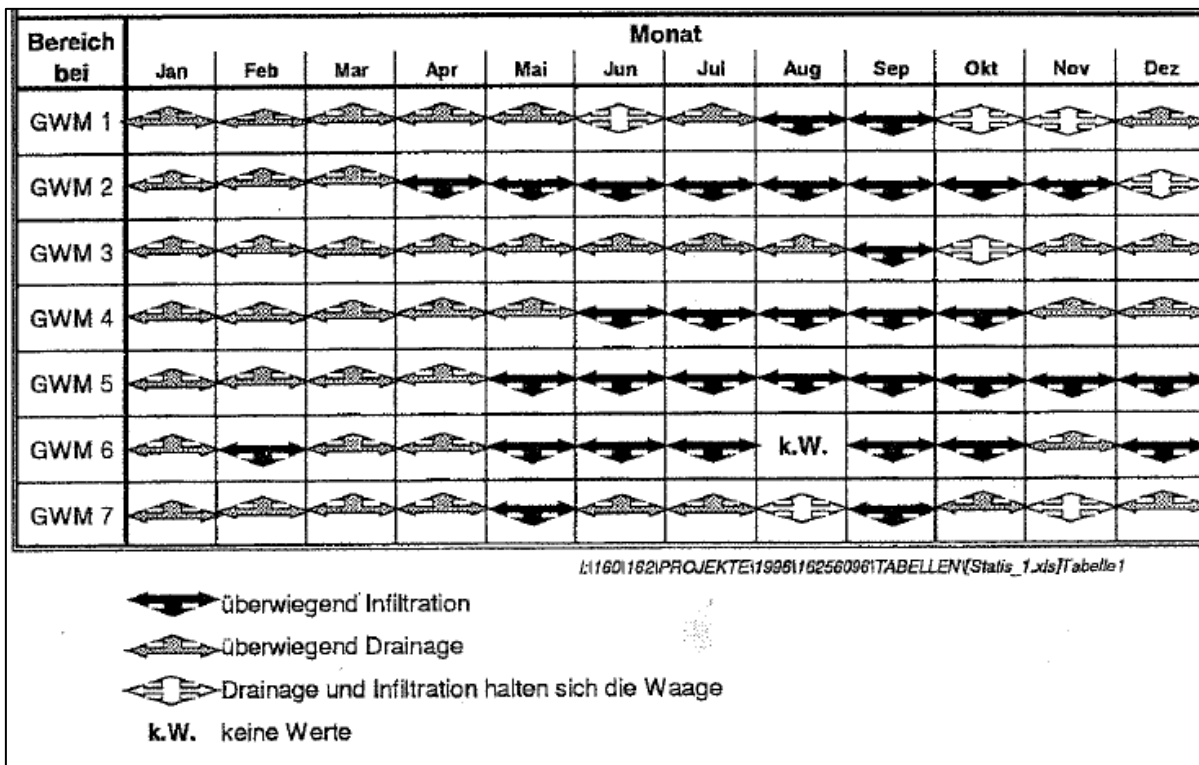


Abb. 18: Statistische Auswertung von Infiltration/Drainage des Bachs zwischen 1998 und 2000 (Trischler und Partner 2000)

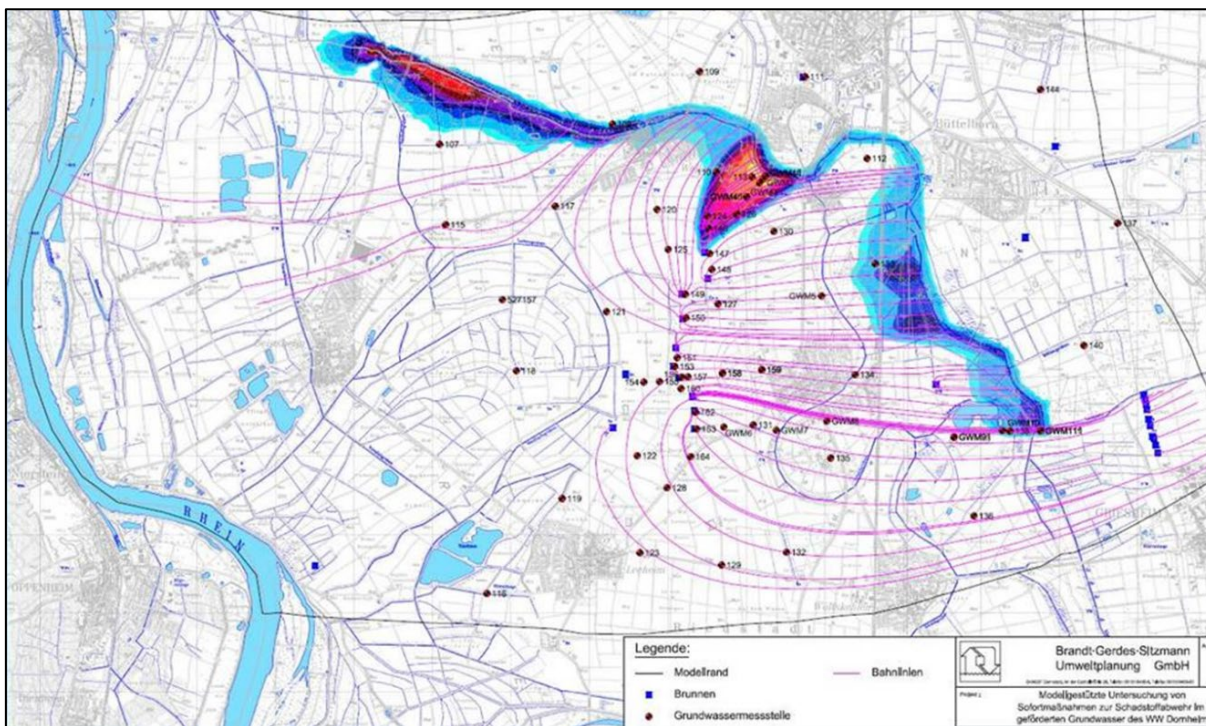


Abb. 19: Grundwassermodell nach BGS (2004)

Derzeit wird davon ausgegangen, dass zumindest in Teilabschnitten des Landgrabensystems ein ausgeprägter Austausch zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser besteht, sodass Schadstoffe in das Grundwasser gelangen können und konnten (HMUKLV 2020 (abrufbar unter: <https://umwelt.hessen.de/presse/pressemitteilung/fruehwarnsystem-fuer-moegliche-dikegula-belastung>)). Auswertungen (Arcadis 2019) weisen bei Niedrigwasser einen Hauptinfiltrationsbereich zwischen Berkach und Groß-Gerau sowie einige Teilstrecken mit mittlerer Infiltration aus (Abb. 20).

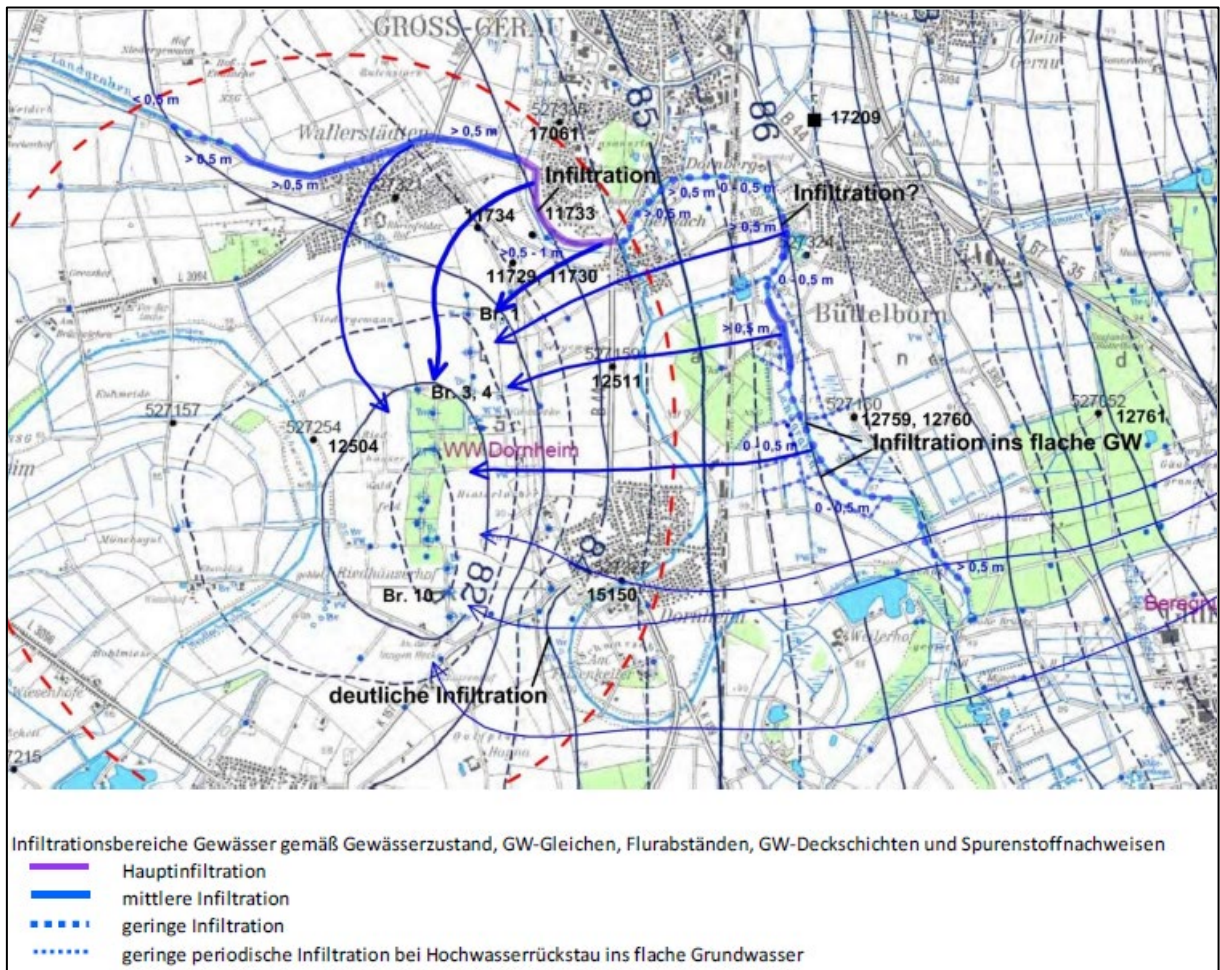


Abb. 20: Grundwassergleichen im Umfeld Darmbach, Landwehr und Landgraben bei niedrigem Grundwasser Okt 1993 mit möglichen Infiltrationsstrecken (Arcadis, 2019)

Insgesamt ist nach Arcadis (2019) die Infiltrationsmenge negativ, d.h. über das Jahr bilanziert nimmt der Landgraben mehr Grundwasser auf, als er abgibt. Die Infiltrationsbereiche/-raten wurden nach Arcadis (2019) basierend auf den Infiltrationsraten und Durchlässigkeiten der Bachsedimente n. Häber (1991) über die Potentialdifferenzen und die Dauer der jahreszeitlichen Infiltration im Jahr bestimmt.

Aus dem Modell BGS (2004) sind hierzu keine Zahlen bekannt.

### 3.3 Beschreibung der Belastungen im Grundwasser im Abstrom des Landgrabens

Auf Grundlage der Grundwasseruntersuchungen in den Messstellen des Landesgrundwasserdienstes (LGD) liegen in den landgrabenabstromigen Messstellen (12511, 15149 und 15150) GFS-Überschreitungen für Arsen, Barium und Blei sowie Nachweise von PFC, Arzneistoffen, PBSM, Süßstoffen und Korrosionsschutzmitteln vor. Hierbei sind jedoch die Belastungen im Landgraben nicht eindeutig als alleinige Ursache auszumachen. Insbesondere einige Metalle sind beispielsweise auch im Anstrom des Landgrabens nachweisbar.

#### 3.3.1 Schwermetalle

In Abb. 21 zeigt sich, dass insbesondere in der Abstrommessstelle 15150 die GFS der Schwermetalle (Arsen, Barium) z.T. deutlich und dauerhaft überschritten sind. Messstellen im Anstrom (weitere Umgebung) weisen jedoch vergleichbare oder vereinzelt noch höhere Konzentrationen auf.

Tab. 13: Vergleich der Landgraben-Abstromkonzentrationen (Schwermetalle) mit den regionalen Werten im Anstrom/Seitenstrom (weitere Umgebung)

Parameter	Einheit	GFS	max. Konzentration (Abstrom Landgraben) MS 15150; 15149, 12511	max. Konzentration (Anstrom, weitere Umgebung)	GWM
Arsen	µg/l	3,2	70	50	12461
Blei	µg/l	1,2	1,6	6,0	12121
Barium	µg/l	175	700	750	12817
Kupfer	µg/l	5,4	17	25	11910, 11992
Zink	µg/l	60	70	500	12504, 12592

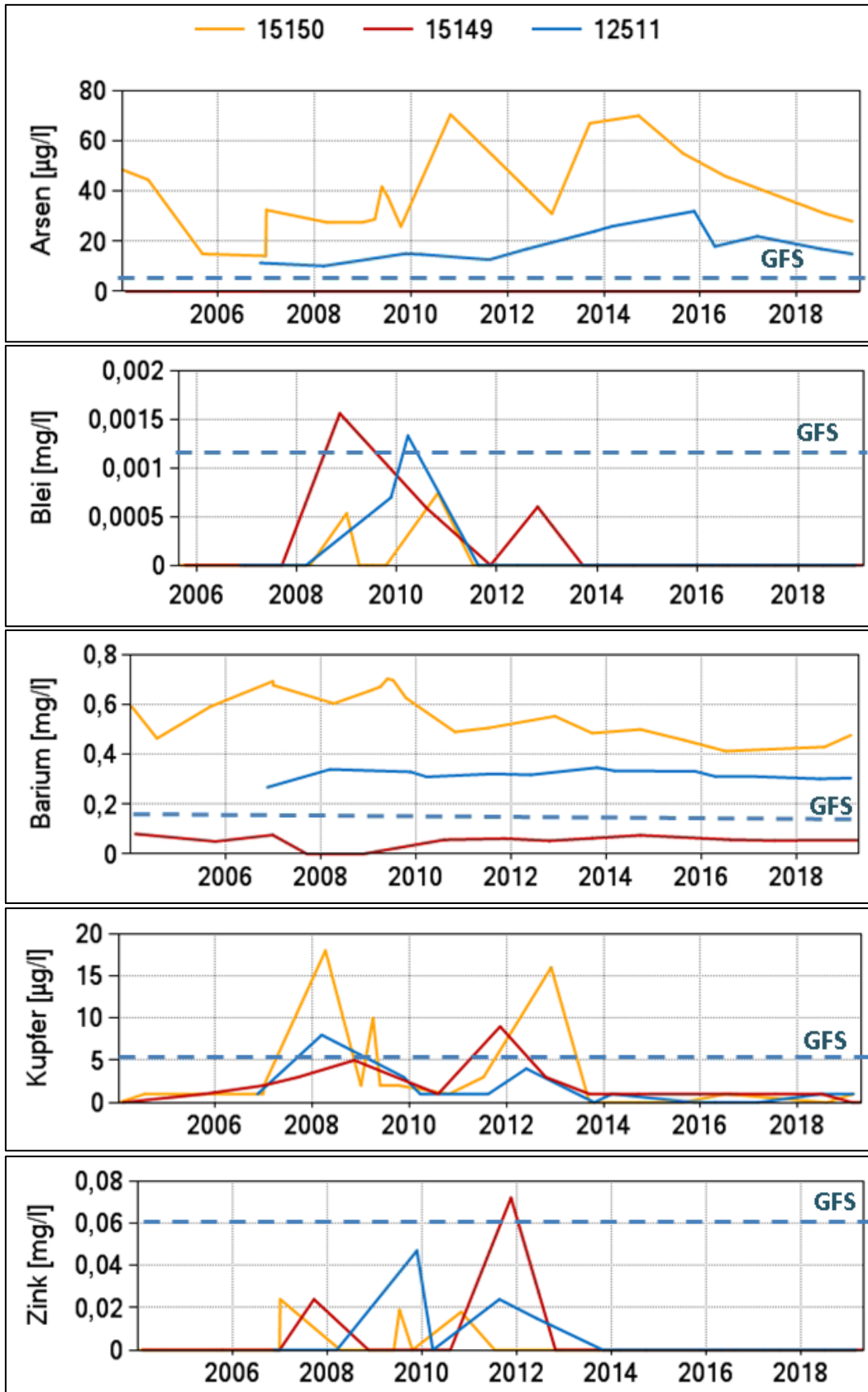


Abb. 21: Schwermetallkonzentrationen im Grundwasserabstrom des Landgrabens

### 3.3.2 Hexachlorcyclohexan (HCH)

HCH wird im Grundwasser dauerhaft nicht nachgewiesen.

### 3.3.3 Per- und polyfluorierte (PFC)

Die in Tab. 14 aufgeführten PFC-Konzentrationen in den Abstrommessstellen sind meist deutlich geringer als in einigen umliegenden Messstellen. Alle Messstellen im Untersuchungsgebiet, sowohl die von Landgraben potentiell beeinflussten als auch die unbeeinflussten, liegen dabei unter den GFS-Werten der LAWA (2017) je Einzelparameter. Eine Ausnahme bildet die GWM 11749 (Mündungsbereich Schwarzbach), die diesen Grenzwert vereinzelt für die PFOS und PFHxS überschreitet.

Tab. 14: Vergleich der Landgraben-Abstromkonzentrationen (PFC) mit den regionalen Werten im Anstrom/Seitenstrom (weitere Umgebung) und den GFS/GOW (LAWA (2017))

Parameter	Einheit	GFS/GOW*	max. Konzentration (Abstrom Landgraben)	max. Konzentration (weitere Umgebung)	GWM
PFBA	ng/l	10.000	17	26	12461
PFBS	ng/l	6.000	4,7	43	12649
PFHpA	ng/l	300 (GOW)	14	20	11746
PFHxA	ng/l	6.000	35	33	15148
PFHxS	ng/l	100	7	110	11749
PFOA	ng/l	100	9,6	38	11746
PFOS	ng/l	100	9	180	11749
PFPeA	ng/l	3.000 (GOW)	28	20	12003

\* Erläuterung: Ableitung GFS: LAWA 2017; Tab. 4:

Lfd. Nr.	Name, Abkürzung (CAS-Nr.)	GFS [µg/L]	Basis [µg/L]	
			Humantox.	Ökotox.
1	Perfluorbutansäure, PFBA (375-22-4)	10	10	1.260
2	Perfluorpentansäure, PFPeA (2706-90-3)	-	-(GOW: 3,0)	320
3	Perfluorhexansäure, PFHxA (307-24-4)	6	6	1.000
4	Perfluorheptansäure, PFHpA (375-85-9)	-	-(GOW: 0,3)	-
5	Perfluoroktansäure, PFOA (335-67-1)	0,1	0,1	570
6	Perfluorononansäure, PFNA (375-95-1)	0,06	0,06	8
7	Perfluordecansäure, PFDA (335-76-2)	-	-(GOW: 0,1)	10
8	Perfluorbutansulfonsäure, PFBS (375-73-5)	6	6	3.700
9	Perfluorhexansulfonsäure, PFHxS (355-46-4)	0,1	0,1	250
10	Perfluorheptansulfonsäure, PFHpS (375-92-8)	-	-(GOW: 0,3)	-
11	Perfluoroktansulfonsäure, PFOS (1763-23-1)	0,1	0,1	0,23
12	H4-Polyfluoroktansulfonsäure, H4PFOS (27619-97-2)	-	-(GOW: 0,1)	870
13	Perfluoroktansulfonamid, PFOSA (754-91-6)	-	-(GOW: 0,1)	-

### 3.3.4 Dikegulac (DAG)

Bei der Sonderuntersuchung im Jahr 2019 wurden vorwiegend Dikegulac-Konzentrationen zwischen 1 und <50 µg/l und nur vereinzelt >50 µg/l im Grundwasser nachgewiesen. Nördlich des Landgrabens von Büttelborn bis Astheim war



kein Dikegulac in den untersuchten Messstellen nachweisbar (HMUKLV 2020, abrufbar unter: <https://umwelt.hessen.de/presse/pressemitteilung/fruehwarnsystem-fuer-moegliche-dikegulac-belastung>).

In den in Betrieb befindlichen Trinkwasserbrunnen der Wasserwerke werden keine Konzentrationen >50 µg/l gemessen. Der ableitbare Trinkwasserleitwert für Dikegulac liegt oberhalb von 1.000 µg/l. Der Trinkwasserleitwert gibt die Höchstkonzentration im Trinkwasser an, die ein Leben lang ohne Gesundheitsschädigung aufgenommen werden kann. Unter Berücksichtigung des allgemeinen Minimierungsgebotes wurde ein Vorsorgewert von 50 µg/l festgelegt (vgl. GIHR & RIPPEN, 2012).

Die im Grundwasser gemessenen Dikegulac-Werte ziehen somit derzeit keine weiteren Schutzmaßnahmen nach sich.

### 3.3.5 Weitere Spurenstoffe

Die im Landgraben nachgewiesenen Spurenstoffe werden im Grundwasser in den drei genannten beeinflussten Messstellen zumeist nicht nachgewiesen (Süßstoffe: Sucralose; PSM: Mecoprop und Triclosan; Arzneimittel: Sulfamethoxazol; Korrosionsschutzmittel: Benzotriazol). Lediglich für den Süßstoff Acesulfam und das Arzneimittel Diclofenac liegen vereinzelte Nachweise im Grundwasser vor. Die in Tab. 1 aufgeführten Beurteilungswerte für das Trinkwasser werden dabei nur vereinzelt geringfügig überschritten (Acesulfam 2013).

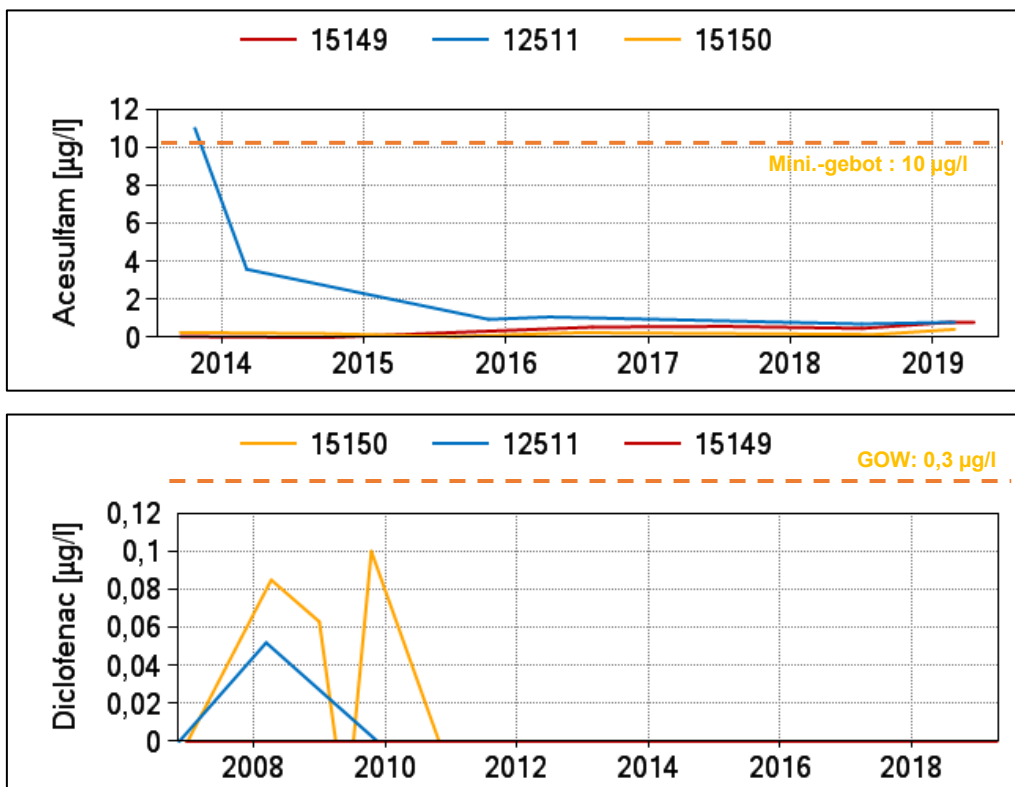


Abb. 22: Spurenstoffnachweise im Grundwasser

## 4 AUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNGEN IM JAHR 2020

### 4.1 Untersuchungsumfang

Im Rahmen des orientierenden Messprogramms wurden durch das HLNUG aktuelle Sedimentbeprobungen beauftragt, deren Analysen mit den Ergebnissen aus dem Jahr 2002 verglichen werden sollen, um somit Rückschlüsse auf die Sedimententwicklung zu ziehen. In Abb. 20 sind die Beprobungspunkte der aktuellen Kampagne dargestellt. Es handelt sich hierbei um acht Gewässerabschnitte, die auch im Jahr 2002 untersucht wurden, um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen. An den Probenahmestellen SZS6, SZS4, SZS3 und SZS2 wurden zudem tiefenorientierte Proben in je drei Tiefen (oben: fS, ca. 0 bis 7 cm; Mitte: mS, fS, ca. 7 bis 30 cm; unten: Klei, ca. 30 bis 45 cm) entnommen.

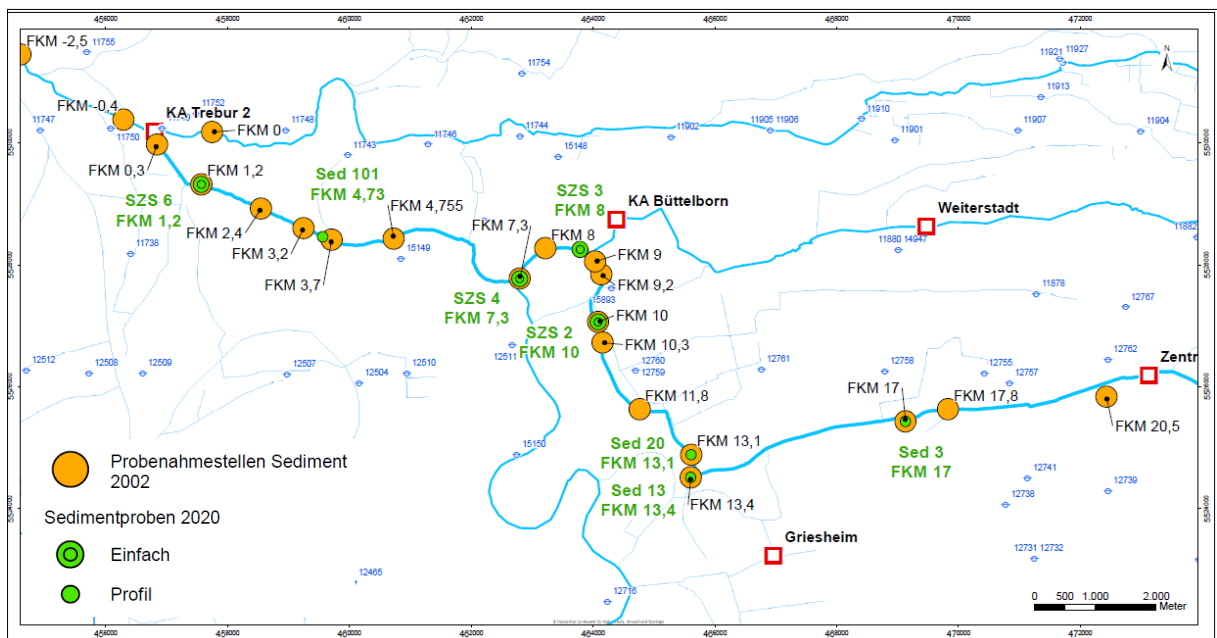


Abb. 23: Sediment-Untersuchungspunkte 2020 und 2002

Der Parameterumfang beinhaltet die folgenden Parameter:

- Metalle und Metalloide (Hg, Cd, Tl, Co, Mo, Pb, U, As, V, Sb, Cr, Ni, Cu, Ag, Zn, Ti)
- PAK (EPA)
- PCB (18 Kongenere)
- PBDE (Polybromierte Diphenylether, 7 Kongenere)
- PCDD und PCDF (Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane)
- Chlorpestizide und Chloraromaten
- Zinnorganische Verbindungen

- PFC
- Dikegulac
- BTEX
- Cyanide
- MKW (Mineralölkohlenwasserstoffe)

Schwebstoffuntersuchungen, die im Rahmen des Routine-Monitorings des HLNUG an der repräsentativen Messstelle im Landgraben durchgeführt werden, oder Wasseruntersuchungen wurden in diesem Rahmen nicht durchgeführt.

## 4.2 Ergebnisse aus dem orientierenden Messprogramm 2020

### 4.2.1 Vorbemerkung

Die Ergebnisse der aktuellen Sedimentanalysen 2020 sind in Anl. 2 in einer tabellarischen Übersicht dargestellt. Der Untersuchungskurzbericht des Instituts Dr. Nowak inkl. aller Prüfberichte ist in Dok. 2 beigefügt. Die in der Anlage gewählte Farbgebung erfolgte derart, dass ein Farbverlauf von dunkelgrün (= minimal gemessener Wert des jeweiligen Parameters) nach rot (= gemessener Maximalwert des Parameters) über gelb (= Median der Messwerte) die Verteilung der analysierten Stoffe widerspiegelt. Dabei ist „rot“ ausdrücklich nicht als hoch belastet und „grün“ nicht als unbedenklich zu bewerten!

Eine Probe (Sed 13 (alt)) wurde außerhalb des unmittelbaren Gewässerbereichs entnommen. Sie weist neben erhöhten Schwermetallkonzentrationen auch erhöhte PAK-, PCB, Uran- und Dikegulac-Konzentrationen im Feststoff auf. Für Uran und Dikegulac sind keine Prüfwerte im Boden definiert.

Der gemessene Uranwert liegt bei 34 mg/kg. Uran kommt in Klärschlämmen bis 18,5 mg/kg vor; Gehalte in Böden liegen bei bis zu 5 mg/kg (mögliche Herkunft: Kristalline Sedimente z.B. Odenwald; vgl. UBA 2012). Höhere Gehalte werden auch primär im Zuge der Verwendung uranhaltiger, mineralischer Phosphatdünger auf landwirtschaftlich genutzten Flächen eingetragen. Der Einzelwert an Sed 13-alt von 34 mg/kg könnte u.E. somit aus Mineräldüngern stammen.

Dikegulac wurde in einer Konzentration von 0,109 mg/kg oberflächennah festgestellt. Dikegulac ist gut wasserlöslich und dürfte im Altsediment unterhalb des Gewässers bereits ausgewaschen sein. (Die weiteren Daten ergeben für die Proben im Gewässerbereich auch nur Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze.)

Die Probe Sed 13-alt wird als Ausreißer bewertet und fließt in die weiteren vergleichenden Betrachtungen nicht ein.

*Anmerkung: Allerdings besitzt das Ergebnis aus der Probe Sed 13-alt eine besondere Bedeutung als Hinweis auf eine potentielle Schadstoffverbreitung außerhalb des Bettes des Landgrabens. Wenn Sanierungen durchgeführt werden,*

müssten u.E. weitere Untersuchungen zur Belastung des Auensediments in den Altarmen durchgeführt werden.

#### 4.2.2 Oberflächennahe Proben

Ein Auszug der Ergebnisse für die oberflächennahen Proben (0 bis 2 cm) ist in Tab. 15 dargestellt. Da die Probe Sed 13-alt als Ausreißer bewertet wird (s.o.) erfolgte keine bewertende Einfärbung der Ergebnisse, wie bei den anderen Proben.

Tab. 15: Ergebnisse der Sedimentbeprobung 2020: oberflächennahe Proben (0 bis 2 cm) für ausgewählte Parameter

	Messstelle	Sed 3	Sed 13	Sed 13_alt	Sed 20	SZS 2 / Sed 5	SZS 3 (Unterhalb Sed 7)	SZS 4 (Nähe Sed 28, S7-S21)	Sed 101	SZS 6 (Nähe Sed 104)	Minimum	Median	Maximum
Fluss-km		FKM 17	FKM 13,4	FKM 13,4	FKM 13,1	FKM 10	FKM 8	FKM 7,3	FKM 4,73	FKM 1,2			
Parameter	Einheit												
<b>BTX</b>													
BTX Summe	mg/kg TS	0,1	0,65	<0,008	0,35	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	0,34	0,1	0,345	0,65
Cyanid (Gesamt-CN)	mg/kg TS	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1			
Dikegulac	mg/kg TS	<0,05	<0,05	0,109	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>Metalle und Metalloide</b>													
Quecksilber	mg/kg TS	2,35	2,81	2,97	2,43	0,84	5,34	3,26	2,17	5,34	0,84	2,62	5,34
Cadmium	mg/kg TS	1,3	1,2	5,2	1,5	0,5	2,8	1,8	1,1	2,8	0,5	1,4	2,8
Thallium	mg/kg TS	0,5	0,6	1	0,7	0,7	0,9	0,7	0,5	0,8	0,5	0,7	0,9
Kobalt	mg/kg TS	25	22	13	20	13	16	15	11	16	11	16	25
Molybdän	mg/kg TS	3,9	3,3	42,4	3,6	4,2	4,5	4,8	2,3	5,3	2,3	4,05	5,3
Blei	mg/kg TS	197	242	148	178	44	171	124	67	113	44	147,5	242
Uran	mg/kg TS	2,3	2,2	34	2,1	1,4	2	2,6	1,6	2	1,4	2,05	2,6
Arsen	mg/kg TS	14	18	47	22	8	11	12	7	12	7	12	22
Vanadium	mg/kg TS	54	59	56	69	90	54	53	44	50	44	54	90
Antimon	mg/kg TS	7,7	7	14,7	5,6	1,4	4,2	3,3	2,1	4,4	1,4	4,3	7,7

	Messstelle	Sed 3	Sed 13	Sed 13_alt*	Sed 20	SZS 2 / Sed 5	SZS 3 (Unterhalb Sed 7)	SZS 4 (Nähe Sed 28, S7-S21)	Sed 101	SZS 6 (Nähe Sed 104)	Minimum	Median	Maximum
Fluss-km		FKM 17	FKM 13,4	FKM 13,4	FKM 13,1	FKM 10	FKM 8	FKM 7,3	FKM 4,73	FKM 1,2			
Parameter	Einheit												
Chrom	mg/kg TS	124	136	94	146	91	178	141	90	156	90	138,5	178
Nickel	mg/kg TS	45	47	130	49	51	62	47	32	70	32	48	70
Kupfer	mg/kg TS	129	122	87	102	27	132	92	60	122	27	112	132
Zink	mg/kg TS	1450	1320	1330	1230	224	1580	1110	663	1230	224	1230	1580
Titan	mg/kg TS	1260	1270	840	1140	770	990	980	730	870	730	985	1270
<b>PAK</b>													
PAK TVO	mg/kg TS	3,92	4,07	6,75	3,62	0,85	3,47	2,42	1,31	2,25	0,85	2,95	4,07
PAK EPA	mg/kg TS	7,07	7,24	12,46	6,42	1,54	6,26	4,45	2,45	4,17	1,54	5,36	7,24
<b>PCB</b>													
Summe PCB (6 Kongenere)	µg/kg TS	61	47,3	73	51,2	8,09	81,6	46,7	26,6	62,4	8,09	49,25	81,6
Summe PCB (18 Kongenere)	µg/kg TS	76,26	58,81	80,27	62,82	9,56	98,23	57,59	32,63	77,97	9,56	60,82	98,23
<b>Kohlenwasserstoffe</b>													
KW (C10-C22)	mg/kg TS	110	96	100	99	23	110	74	61	150	23	97,5	150
KW (C23-C40)	mg/kg TS	510	490	400	460	47	530	370	170	550	47	475	550
KW, gesamt	mg/kg TS	620	590	500	560	70	640	440	230	700	70	575	700
TOC	% TS	12	10	19	9,2	1,2	9,1	7,7	4,4	8,2	1,2	8,65	12
Chloralkane (C10-C13)	mg/kg TS	0,4	0,3	<0,1	n.b.	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,3	0,4

Farbgebung je Parameter: grün = Minimalwert; gelb = Mittelwert; rot = Maximalwert

Probe Sed\_13\_alt: Werte aufgrund der Probenahmebedingungen nicht vergleichbar; Auffällig hohe Werte: fett markiert

Daraus ergibt sich für die untersuchten Parameter im Sediment folgendes Bild:

Die **Metalle** zeigen über den Gewässerverlauf große Konzentrationsunterschiede im Sediment. Dabei liegen insgesamt tendenziell geringere Gehalte an den Flusskilometern FKM 10 und FKM 4,7 vor, während an den Flusskilometern FKM 8 und FKM 1,2 insbesondere für Quecksilber, Cadmium, Chrom, Nickel, Kupfer und Zink z.T. deutlich erhöhte Gehalte auffällig sind. Blei, Arsen, Kupfer, Zink und Titan sowie Antimon sind zudem im Bereich der Flusskilometer FKM 17 bis FKM 13 im Vergleich zum Wertemedian deutlich erhöht, eine

kontinuierliche Abnahme der Gehalte in Richtung Flussmündung ist jedoch nicht erkennbar.

Die **PAK (EPA)** reichen von 1,5 mg/kg bis 7,2 mg/kg. Dabei befinden sich die Maximalgehalte im oberen verschalteten Flussabschnitt und nehmen in Richtung Mündungsbereich (4,2 mg/kg an FKM 1,2) tendenziell leicht ab.

**PCB** sind über den Gewässerverlauf im Sediment diffus verteilt. Dabei reichen die Gehalte von ca. 8,1 µg/kg bis 82 µg/kg für die Summe der 6 DIN-Kongeneren. Im Durchschnitt liegen die Gehalte bei 49 µg/kg.

Erhöhte **Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW, C10-C40)** >500 mg/kg wurden im Sediment verstärkt im Bereich hinter den Kläranlageneinleitungen nachgewiesen. Die Maximalkonzentration von 700 mg/kg wurde jedoch an FKM 1,2 kurz vor der Flussmündung in den Schwarzbach nachgewiesen.

**PBDE** (Polybromierte Diphenylether) wurden im Landgrabensediment im Konzentrationsbereich von ca. 10 µg/kg bis 177 µg/kg (jeweils Summe der 7 untersuchten Kongeneren, davon vorwiegend BDE 209) nachgewiesen. Dabei werden die Maximalgehalte im oberen verschalteten Flussbereich (FKM 17-13) sowie an FKM 8 festgestellt. An den übrigen Beprobungsstellen liegen die Gehalte um 50 µg/kg oder darunter.

**PCDD und PCDF** (Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane) wurden mit im Mittel 10 ng/kg (Summe WHO (2005)-PCDD/F TEQ) nachgewiesen, wobei der Wertebereich von 1 ng/kg (FKM 10) bis 17 ng/kg (FKM 8) reicht.

**Chlorpestizide und Chloraromaten** sind vorwiegend am Flusskilometer FKM 8 zu finden. Mit 167 µg/kg liegt der **HCH**-Gehalt (Summenwert) hier deutlich über dem Mediangehalt (ca. 101 µg/kg). An FKM 10 und FKM 4,73 wurden lediglich geringe HCH-Gehalte <30 µg/kg nachgewiesen. Im Schwarzbach-Mündungsbereich ist der Gehalt jedoch vergleichbar zum verschalteten Oberlauf hinter den Kläranlageneinläufen (um 100 µg/kg).

An **zinnorganischen Verbindungen** wurden im Sediment Monobutyl-, Dibutyl- und Dioctylzinn in Konzentrationen bis 62 µg/kg nachgewiesen. Auffällig ist hier vor allem die Probe des FKM 10 mit sehr geringen bis fehlenden Stoffgehalten.

**BTEX** werden nur vereinzelt (max. 0,65 mg/kg an FKM 13,4) im Sediment nachgewiesen.

**PFC** wurden bei der aktuellen Beprobung im oberflächennahen Sediment nicht nachgewiesen. Allerdings sind die Bestimmungsgrenzen mit >10 µg/kg relativ hoch.

**Cyanide** sind im oberflächennahen Sediment ebenfalls nicht angereichert.

**Dikegulac** wurde in einer Probe, die außerhalb der fließenden Welle lag, oberflächennah nachgewiesen (Sed\_13\_alt: 0,109 mg/kg, Erläuterung siehe oben).

### 4.2.3 Horizontierte Proben

Die vier entnommenen Profilproben (vgl. Abb. 20) erlauben eine Bewertung der Entwicklung der abgelagerten Sedimente hinsichtlich ihrer Sedimentkonzentrationen. Es werden jeweils drei Sedimenthorizonte verglichen. Dabei zeigen sich insbesondere an den Proben der Flusskilometer FKM 8 und FKM 7,3 deutlich höhere Schwermetall-, PAK-, PCB- und KW-Konzentrationen in den tiefer gelegenen Altsedimenten.

Dagegen zeigt die Probe SZS 2 an FKM 10 einen gegenteiligen Trend: Hier sind insbesondere die Schwermetalle Quecksilber, Cadmium, Blei, Chrom, Kupfer und Zink sowie PCB und KW in den jüngeren Sedimenten deutlich ansteigend. Die oberste Sedimentlage (0 bis 2 cm, vgl. Abschn. 4.2.2) weist dagegen wieder deutlich geringere Gehalte auf.

Tab. 16: Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen 2020: horizontierte Proben (2 bis max. 50 cm Tiefe)

	Messstelle	SZS 6 oben	SZS 6 mitte	SZS 6 unten	SZS 4 oben	SZS 4 mitte	SZS 4 unten	SZS 3 oben	SZS 3 mitte	SZS 3 unten	SZS 2 / Sed 5 oben	SZS 2 / Sed 5 mitte	SZS 2 / Sed 5 unten
Fluss-km		FKM 1,2	FKM 1,2	FKM 1,2	FKM 7,3	FKM 7,3	FKM 7,3	FKM 8	FKM 8	FKM 8	FKM 10	FKM 10	FKM 10
Parameter	Einheit												
<b>BTX</b>													
BTX Summe	mg/kg TS	<0,03	<0,02	<0,01	0,017	<0,01	<0,015	<0,02	<0,015	<0,01	<0,015	<0,015	<0,01
Cyanid (Gesamt-CN)	mg/kg TS	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Dikegulac	mg/kg TS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>Metalle und Metalloide</b>													
Quecksilber	mg/kg TS	4,65	5,86	8,28	6,18	7,32	16,11	5,83	13,48	24,08	4,11	2,85	0,17
Cadmium	mg/kg TS	2,5	2,9	3,5	2,4	3,3	8,2	3	5,5	10,6	2,2	1,9	0,3
Thallium	mg/kg TS	0,7	0,8	0,9	0,9	1,1	2,2	1	2,3	6	0,8	0,9	0,6
Kobalt	mg/kg TS	16	16	12	16	17	23	18	33	37	16	16	11
Molybdän	mg/kg TS	8,2	11,9	9,9	11,6	15,1	24,8	4,8	13,4	11,7	6,4	32,3	6
Blei	mg/kg TS	111	116	102	142	182	330	173	245	393	137	94	22
Uran	mg/kg TS	2,3	2,3	1,9	3,5	2,8	4,6	2	3,2	3,9	2,4	2,9	1,9
Arsen	mg/kg TS	11	13	17	12	14	28	11	15	37	14	16	18
Vanadium	mg/kg TS	52	54	56	56	59	66	54	64	67	66	75	73

	Messstelle	SZS 6 oben	SZS 6 mitte	SZS 6 unten	SZS 4 oben	SZS 4 mitte	SZS 4 unten	SZS 3 oben	SZS 3 mitte	SZS 3 unten	SZS 2 / Sed 5 oben	SZS 2 / Sed 5 mitte	SZS 2 / Sed 5 unten
Fluss-km		FKM 1,2	FKM 1,2	FKM 1,2	FKM 7,3	FKM 7,3	FKM 7,3	FKM 8	FKM 8	FKM 8	FKM 10	FKM 10	FKM 10
Parameter	Einheit												
Antimon	mg/kg TS	3,7	4,2	4	4	5,7	18,9	4,2	5,7	11,2	4,3	4,7	0,9
Chrom	mg/kg TS	137	152	184	190	232	454	183	378	822	153	143	75
Nickel	mg/kg TS	53	61	79	62	89	289	63	141	569	64	83	46
Kupfer	mg/kg TS	113	112	107	113	147	295	136	231	321	95	68	20
Zink	mg/kg TS	1180	1140	838	1270	1420	2420	1640	2390	3400	1150	733	85
Titan	mg/kg TS	650	720	550	1030	1030	1130	960	950	1010	970	880	770
<b>PAK</b>													
PAK EPA	mg/kg TS	4,446	4,064	6,65	5,571	6,998	11,7	6,258	8,435	11,325	6,318	3,349	-
<b>PCB</b>													
Summe PCB (6 Kongenere)	µg/kg TS	63,8	70,9	91,1	61,4	122	321	86,1	114,8	454	57	39,3	2,07
<b>Kohlenwasserstoffe</b>													
KW (C10-C22)	mg/kg TS	97	80	77	85	250	1300	n.b.	n.b.	n.b.	58	72	29
KW (C23-C40)	mg/kg TS	430	360	250	320	730	1800	n.b.	n.b.	n.b.	270	210	52
KW, gesamt	mg/kg TS	520	440	320	400	980	3100	n.b.	n.b.	n.b.	330	280	81
TOC	% TS	7,4	6,4	4,8	7,9	8	7,6	96,3	9,7	6,3	5,6	4,2	3,2

Farbgebung je Parameter: grün = Minimalwert; gelb = Mittelwert; rot = Maximalwert

### 4.3 Prüfung auf Vergleichbarkeit der Ergebnisse

Tab. 17 (s. nächste Seite) zeigt eine tabellarische Übersicht der Probenahme- und Analysebedingungen der beiden Untersuchungskampagnen 2002 und 2020.

Daraus ergibt sich, dass eine Vergleichbarkeit nur bedingt gegeben ist. Die aktuellen Untersuchungspunkte stellen eine Auswahl der im Jahr 2002 untersuchten Stellen dar, so dass ein direkter Vergleich möglich ist. Aufgrund der Probenahmetiefe (0 bis 2 cm) jedoch werden hier oberflächliche Neusedimente (Feinsand) den Altsedimenten aus dem Jahr 2002 gegenübergestellt. Die horizontalen Profilproben ermöglichen theoretisch einen direkten Vergleich der



Analysen aus dem Jahr 2002 mit den aktuellen Untersuchungen aus dem Jahr 2020 (mittlere Proben, mS/fS). Jedoch ist hierbei Folgendes zu beachten:

- a) Der Parameterumfang unterscheidet sich erheblich. Ein Vergleich ist nur für die Schwermetalle, PAK und PCB möglich.
- b) Die Analysen der Schwermetalle wurden an unterschiedlichen Kornfraktionen durchgeführt. Im Jahr 2002 wurden die Schwermetalle aus der <20 µm-Fraktion bestimmt, während im Jahr 2020 die <63 µm-Fraktion untersucht wurde. Da sich die Schwermetalle im Wesentlichen in der Feinfraktion (Ton-Schluff-Fraktion <0,025 mm) aufkonzentrieren (vgl. Untersuchungen TuP 1993, s. Kap. 3.2.7), sind im Vergleich deutlich höhere Schwermetallkonzentrationen bei den Altuntersuchungen zu erwarten.

Tab. 17: Übersicht zur Vergleichbarkeit der Sedimentuntersuchungen 2002 und 2020

	2002	2020	Bemerkung
Probenahmeort	22 Probenahmepunkte	8 Stellen (wurden anhand von GPS-Koordinaten reproduziert)	Orte 2020 stimmen etwa mit 2002 überein
Probenahme	Sedimentgreifer oder Gartenschaufel	Kastengreifer für Einzelproben; Mondsee-Corer für Profilproben  Mischprobe aus je 5 Einzelproben	
Parameterumfang	Schwermetalle, vereinzelt PAK und PCB	Schwermetalle, PAK, PCB, Pestizide, PFC, MKW, PCDD/F, BTEX, Dikegulac	erheblich erweiterter Parameterumfang; für „neue Parameter kein Vergleich möglich
Probenaufbereitung	Schwermetalle aus der <b>&lt;20 µm-Fraktion</b> (Nasssiebung)  PAK & PCB aus der <b>Gesamtfraktion mit Normierung auf &lt;63 µm-Fraktion</b> durch Siebung	BTEX, Cyanide und Dikegulac aus der Trockensubstanz ( <b>Gesamtprobe</b> )  alle weiteren Parameter (Schwermetalle, PAK, PCB, Pestizide, PFC, MKW, PCDD/F) aus der <b>&lt;63 µm-Fraktion</b>	Schwermetallergebnisse nicht vergleichbar
Sedimenthorizonte	10 bis 40 cm Tiefe	SZS6, SZS4, SZS3 und SZS2 tiefenorientiert (3 Tiefen)  alle Proben: oberflächennah (0 bis 2 cm)	Vergleich der Altsedimente mit der „frischen“ Sedimentauflage möglich
Korngröße	<20 µm-Fraktion:  <63 µm-Fraktion:	<20 µm-Fraktion: 1 bis 40 %  <63µm-Fraktion: 2 bis 47 %	

#### 4.4 Vergleich Ergebnisse Sediment

In Tabelle 18 werden die Analysenergebnisse der Sedimentuntersuchungen 2002 (oberflächennahe Proben) und 2020 hinsichtlich der in beiden Kampagnen untersuchten Parameter einander vergleichend gegenübergestellt. Dabei zeigt sich, dass in der aktuellen Probenahme des Sediments in der Tiefe 0 bis 2 cm insgesamt deutlich niedrigere Stoffgehalte festgestellt wurden als im Jahr 2002.

Tab. 18: Sedimentuntersuchungen: oberflächennahe Proben (0 bis 2 cm) 2020 vs. Proben 2002

Messstelle	Untersuchungen 2020										Untersuchungen 2002							
	Sed 3	Sed 13	Sed. 13 alt*	Sed 20	SZS 2 / Sed 5	SZS 3 (Unterhalb Sed 7)	SZS 4 (Nähe Sed 28, S7-S21)	Sed 101	SZS 6 (Nähe Sed 104)									
Flusskilometer	FKM 17	FKM 13,4	FKM 13,4	FKM 13,1	FKM 10	FKM 8	FKM 7,3	FKM 4,73	FKM 1,2	FKM 17	FKM 13,4	FKM 13,1	FKM 10	FKM 8	FKM 7,3	FKM 4,73	FKM 1,2	
Parameter	Einheit																	
<b>Metalle und Metalloide</b>																		
Quecksilber	mg/kg TS	2,35	2,81	2,97	2,43	0,84	5,34	3,26	2,17	5,34	5,6	27	7,2	6,6	10	150	63	7,8
Cadmium	mg/kg TS	1,3	1,2	<b>5,2</b>	1,5	0,5	2,8	1,8	1,1	2,8	4,18	29,1	4,01	3,71	3,87	57,7	38,6	2,4
Blei	mg/kg TS	197	242	148	178	44	171	124	67	113	501	707	586	273	284	1260	713	154
Arsen	mg/kg TS	14	18	<b>47</b>	22	8	11	12	7	12	27,5	48	22	14,6	12,7	118	111	14,6
Chrom	mg/kg TS	124	136	94	146	91	178	141	90	156	157	563	182	159	208	766	1610	172
Nickel	mg/kg TS	45	47	<b>130</b>	49	51	62	47	32	70	67,3	337	51,7	105	84,1	922	1470	107
Kupfer	mg/kg TS	129	122	87	102	27	132	92	60	122	204	361	196	164	174	1830	657	107
Zink	mg/kg TS	1450	1320	1330	1230	224	1580	1110	663	1230	3880	3350	3640	1770	1620	5160	3990	712
<b>PAK</b>																		
PAK TVO	mg/kg TS	3,92	4,07	<b>6,75</b>	3,62	0,85	3,47	2,42	1,31	2,25	5,14	17,23	6,05	4,04	0,88			
PAK EPA	mg/kg TS	7,07	7,24	<b>12,46</b>	6,42	1,54	6,26	4,45	2,45	4,17	9,33	27,7	10,5	7,46	1,53			
<b>PCB</b>																		
Summe PCB (18 Kongenere)	µg/kg TS	76,26	58,81	<b>80,27</b>	62,82	9,56	98,23	57,59	32,63	77,97	85,4	393	55,7	310	24,2			

Farbgebung je Parameter: grün = Minimalwert; gelb = Mittelwert; rot = Maximalwert

Probe Sed\_13\_alt: Werte aufgrund der Probenahmebedingungen nicht vergleichbar; auffällig hohe Werte: fett markiert. Da die Probe Sed 13-alt als Ausreißer bewertet wird (s.o.), erfolgte keine bewertende Einfärbung der Ergebnisse wie bei den anderen Proben.

Beim Vergleich der **Schwermetallgehalte** ist, wie oben beschrieben, zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Kornfraktionen untersucht wurden und daher nur ein qualitativer Vergleich möglich ist (vgl. Abschn. 4.3).

Im Jahr 2002 wurden an den Flusskilometern FKM 7,3 (Sed 28) und FKM 4,73 (Sed 101) deutlich erhöhte Schwermetallgehalte im Sediment festgestellt (z.T. um das 10-Fache erhöht gegenüber denen der übrigen Probenahmestellen), was sich bei den aktuellen Untersuchungen nicht bestätigt. Aktuell sind die Gehalte hier vergleichbar mit denen der übrigen Probenahmestellen (FKM 7,3) bzw. z.T. deutlich geringer (FKM 4,73, insbes. Blei, Kupfer, Zink).

*Anmerkung zu FKM 4,73: Die für den Probenehmer angegebenen Koordinaten des aktuellen PN-Punktes FKM 4,73 liegen etwa bei Flusskilometer 3,5. Nach Prüfung durch den AG wurde festgestellt, dass diese Probe an einer gegenüber dem Jahr 2002 abweichenden Stelle genommen wurde. Somit sind die Werte der Jahre 2002 und 2020 für diesen Punkt nicht vergleichbar.*

Für die **PAK** und **PCB** erlauben die durchgeführten Analysen auch einen quantitativen Vergleich der Ergebnisse 2002 und 2020, jedoch nur für fünf Probenahmepunkte (FKM 7,3, FKM 4,73 und FKM 1,2 wurden im Jahr 2002 nicht auf PAK und PCB untersucht). Hier zeigt sich, analog zu den Schwermetallen, ein Rückgang der Stoffgehalte in den Frischsedimenten gegenüber den Altsedimenten. Insbesondere an FKM 13,4 war im Jahr 2002 eine Anreicherung von PAK und PCB im Sediment feststellbar, welche bei der aktuellen Beprobung nicht erkennbar ist. Zudem zeigt sich an FKM 10 eine deutliche Reduktion der PAK-Gehalte um ca. 80 % und der PCB-Gehalte um mehr als 90 %. An FKM 8 zeigt sich dagegen aktuell eine Verdrei- bis Vervierfachung der Gehalte.

## 5 BEWERTUNG

Die Bewertung erfolgt getrennt für

- Oberflächenwasser,
- Sediment,
- Boden (als potentiell an Ort und Stelle verbleibendes Sediment),
- Abfall<sup>1</sup>,
- Grundwasser,
- Trinkwasser.

### 5.1 Bewertung Oberflächenwasser

Das Gewässer ist gemäß Bewirtschaftungsplan 2015-2021 als natürlicher Wasserkörper eingestuft, weshalb die Zielsetzung der WRRL (guter ökologischer und chemischer Zustand) gilt.

Das Gewässer weist in großen Teilen ein künstliches Ufer- und Sohlsubstrat ohne natürliche Auenanbindung sowie in Teilen unpassierbare Querbauwerke mit einer deutlichen Rückstauprägung auf. Das Gewässer wird dem Gewässertyp 19 „Kleine Niederungsfließgewässer in Fluss- und Stromtälern“ zugeordnet. Das Sohlgefälle ist typkonform überwiegend gering. Jedoch fehlen eine mäandrierende Laufkrümmung sowie eine breite Strömungsdiversität. Insbesondere in Rückstaubereichen prägen Feinsedimentablagerungen die Gewässersohle, welche die Substratdiversität und die besiedelbaren Sohlbereiche durch Kolmierung nachteilig beeinflussen.

Der ökologische Zustand des Gewässers ist aufgrund der o.g. hydromorphologischen Defizite durch starke Artenarmut geprägt und gemäß Bewirtschaftungsplan 2015-2021 sowie aktuellen Daten nicht in gutem Zustand.

Die Gewässerqualität, d.h. der chemische Zustand sowie der ökologische Zustand – Chemie des Oberflächenwassers haben sich im Vergleich zu den Altdaten deutlich verbessert, da die Neusedimente eine geringere Schadstoffkonzentration aufweisen (vgl. Kap. 3 und 4). Aufgrund der Belastungen mit Kupfer, Zink, Quecksilber, BDE und Fluoranthen und des PBSM Triclosan ist der Zustand jedoch weiterhin schlecht.

---

<sup>1</sup> Wird der Boden bewegt, z.B. bei der Entnahme des Sedimentes, handelt es sich um Abfall (vgl. Dok. 3). Es erfolgt daher auch eine abfalltechnische Bewertung.

Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen legen nahe, dass die Stoffe eine ökotoxikologische Relevanz im Landgraben haben. Darüber hinaus ist die Konzentration an Dikegulac mit knapp 4 µg/l zwar noch vorhanden, aber im Vergleich zu früher hat die Konzentration abgenommen. Die vorhandene Konzentration ist toxikologisch unbedenklich. Durch die kontinuierliche Konzentrationsverringerung sowie die im Maßnahmenplan 2015-2021 verankerte Ertüchtigung von Punktquellen im EZG ist nicht davon auszugehen, dass sich die Wasserqualität verschlechtert.

Anhaltspunkte für eine humantoxikologische Bewertung können in Ermangelung anderer gültiger Grenzwerte die Grenzwerte der TrinkwV (2001) geben. Sie werden daher hier hilfsweise herangezogen. Im Oberflächenwasser gelten grundsätzlich die OGewV und die darin festgesetzten Beurteilungswerte, welche anhand toxikologischer Daten für die im Gewässer lebenden Organismen abgeleitet sind.

Die Grenzwerte der TrinkwV (bezogen auf den Menschen) liegen teilweise deutlich höher als die Beurteilungswerte der OGewV (bezogen auf Gewässerorganismen), da aufgrund der höheren Empfindlichkeit der Gewässerorganismen sehr viel geringere Stoffkonzentrationen toxisch wirken können.

Im Landgraben liegen die Konzentrationen der folgenden Stoffe deutlich unter den Grenzwerten der TrinkwV: PAK-Konzentrationen im Landgraben liegen mit < 0,035 µg/l deutlich unterhalb des Grenzwertes der TrinkwV von 0,0001 mg/l (Anlage 2 TrinkwV 2001). Die Konzentration der Schwermetalle Kupfer und Quecksilber liegt im Landgraben mit < 60 µg/l bzw. 0,2 µg/l ebenfalls deutlich unter den Grenzwerten der TrinkwV für Kupfer (2 mg/l) und Quecksilber (0,001 mg/l). Aufgrund der Grenzwertüberschreitungen wird nach aktuellem Kenntnisstand keine humantoxikologische Relevanz gesehen; dies kann aber in Ermangelung von Grenzwerten nicht abschließend beurteilt werden.

## 5.2 Bewertung Sediment

Die OGewV ist Rechtsgrundlage für die Bewertung des ökologischen und chemischen Zustands von Oberflächenwasserkörpern. Für Sedimente nennt die OGewV (2016) nur für eine geringe Anzahl von Stoffen Umweltqualitätsnormen (vgl. Tab. 19). Für die Stoffe, zu denen keine Umweltqualitätsnormen vorliegen, kann daher keine Aussage getroffen werden. Für das Grundwasser existieren für einzelne Stoffe Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) bei denen anzunehmen ist, dass es bei einer Unterschreitung zu keiner nachteiligen Wirkung kommen wird.

In Anl. 3 ist eine Auswertung der aktuellen Sedimentergebnisse dargestellt. Dabei wurde bei der Überschreitung eines der o. g. Referenzwerte/Grenzwerte die Farbe Gelb, bei der 10-fachen Überschreitung die Farbe Rot verwendet. Anl. 5 und Anl. 6 enthalten außerdem die Absolutwerte in Tabellenform.

Tab. 19: Beurteilungswerte der Sedimente nach OGewV (2016)

Parameter	Einheit	Bewertungsgrundlage	Beurteilungswerte Ökotox.	Beurteilungswerte Humantox. (GFS-Werte [µg/l] für das Grundwasser)
Trockensubstanz	%			
<b>BTX</b>				
BTX Summe	mg/kg TS			
Cyanid (Gesamt-CN)	mg/kg TS			
<b>Dikegulac</b>	mg/kg TS			
<b>Metalle &amp; Metalloide</b>				
Quecksilber	mg/kg TS	-	-	0,1
Cadmium	mg/kg TS			0,3
Thallium	mg/kg TS			0,2
Kobalt	mg/kg TS			2
Molybdän	mg/kg TS			35
Blei	mg/kg TS			1,2
Uran	mg/kg TS			
Arsen	mg/kg TS	OGewV 2016, Anlage 6	40	3,2
Vanadium	mg/kg TS			4
Antimon	mg/kg TS			5
Chrom	mg/kg TS	OGewV 2016, Anlage 6	640	3,4
Nickel	mg/kg TS			7
Kupfer	mg/kg TS	OGewV 2016, Anlage 6	160	5,4
Zink	mg/kg TS	OGewV 2016, Anlage 6	800	60
Titan	mg/kg TS			
<b>PAK (Sedimente)</b>				
Anthracen	mg/kg TS			0,1
Fluoranthren	mg/kg TS			0,1
Pyren	mg/kg TS			
Benz(a)anthracen	mg/kg TS			
Benz(a)pyren	mg/kg TS	-	-	0,01
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS			0,03
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS			0,03
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TS			0,002
Benzo(ghi)perylen	mg/kg TS	OGewV 2016, Anlage 8 (Biota-UQN)	0,005	0,002
PAK TVO Summe	mg/kg TS			
PAK EPA Summe	mg/kg TS			0,2

Parameter	Einheit	Bewertungsgrundlage	Beurteilungswerte Ökotox.	Beurteilungswerte Humantox. (GFS-Werte [µg/l] für das Grundwasser)
<b>Polychlorierte Biphenyle (PCB)</b>				
PCB Nr. 28	µg/kg TS	OGewV 2016, Anlage 6	0,02	0,0005
PCB Nr. 52	µg/kg TS	OGewV 2016, Anlage 6	0,02	0,0005
PCB Nr. 101	µg/kg TS	OGewV 2016, Anlage 6	0,02	0,0005
PCB Nr. 118	µg/kg TS			0,0005
PCB Nr. 138	µg/kg TS	OGewV 2016, Anlage 6	0,02	0,0005
PCB Nr. 153	µg/kg TS	OGewV 2016, Anlage 6	0,02	0,0005
PCB Nr. 180	µg/kg TS	OGewV 2016, Anlage 6	0,02	0,0005
PCB Summe (7 Kongenere)	µg/kg TS			
PCB Summe DIN6	µg/kg TS			
<b>Polybromierte Diphenylether</b>				
Summe PBDE	µg/kg TS			
<b>Chlorbenzole</b>				
1,2,3-Trichlorbenzol	µg/kg TS			
1,2,4-Trichlorbenzol	µg/kg TS			
1,3,5-Trichlorbenzol	µg/kg TS			8
1,2,3,5-Tetrachlorbenzol	µg/kg TS			
1,2,4,5-Tetrachlorbenzol	µg/kg TS			
Pentachlorbenzol	µg/kg TS			0,007
Hexachlorbenzol	µg/kg TS			0,01
<b>Organochlorpestizide</b>				
Summe HCH	µg/kg TS			
Summe DDD	µg/kg TS			
Summe DDE	µg/kg TS			
Summe DDT	µg/kg TS			
Hexachlorbutadien	µg/kg TS			
<b>Organische Zinnverbindungen</b>				
Monobutylzinn Kation	µg/kg TS			
Dibutylzinn Kation	µg/kg TS	D4-Liste NRW 2009	0,1	0,01
Tributylzinn Kation	µg/kg TS	OGewV 2016, Anlage 6	0,02	0,0002
Tetrabutylzinn	µg/kg TS	D4-Liste NRW 2009	0,04	
Triphenylzinn Kation	µg/kg TS	OGewV 2016, Anlage 6	0,02	0,0005
Diocetylzinn Kation	µg/kg TS			
<b>Perfluortenside</b>				
Summe PFOA + PFOS	µg/kg TS			Je 0,1

Parameter	Einheit	Bewertungsgrundlage	Beurteilungswerte Ökotox.	Beurteilungswerte Humantox. (GFS-Werte [µg/l] für das Grundwasser)
<b>Kohlenwasserstoffe</b>				
Kohlenwasserstoffe (C10- C22)	mg/kg TS			
Kohlenwasserstoffe (C23- C40)	mg/kg TS			
Kohlenwasserstoffe, ge- samt	mg/kg TS			
<b>TOC</b>	% TS			
<b>Chloralkane (C10-C13) (Summe)</b>	mg/kg TS			
<b>dioxinlike-PCB</b>				
Summe PCB (18 Konge- nere)	mg/kg TS			0,01
<b>PCDD/F</b>				
WHO(2005)-PCDD/F TEQ exkl. BG	µg/kg TS			
WHO(2005)- PCDD/F+PCB TEQ exkl. BG	µg/kg TS			
rote Färbung: Beurteilungswerte im Landgraben/Griesheim DEHE 23986.1 überschritten (Zusammenfassung aus Messdaten vgl. Kapitel 3.2)				
grüne Färbung: Beurteilungswerte im Landgraben/Griesheim DEHE 23986.1 unterschritten (Zusammenfassung aus Messdaten vgl. Kapitel 3.2)				
keine Färbung: Es liegen uns keine Daten vor, daher kann keine Aussage zu einer potenziellen Belastung im Landgraben/Griesheim DEHE 23986.1 gemacht werden				
keine Werte: es liegen keine Beurteilungswerte zur Beurteilung einer potenziellen Belastung vor				

Erhöhte Gehalte sind für die Schwermetalle Quecksilber, Kupfer und Zink, z.T. auch Cadmium, Blei und Nickel feststellbar. Daneben liegen vereinzelt Überschreitungen der Referenzwerte für PAK (Fluoranthen, Benz(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthen) vor.

Die o.g. Stoffe können eine ökotoxikologische Relevanz haben, da die Konzentrationen im Sediment die Umweltqualitätsnormen für Biota teilweise deutlich überschreiten. Eine ökotoxikologische Relevanz im Sinne toxisch wirkender Konzentrationen kann speziell dann auftreten, wenn die zurzeit gebundenen Stoffe remobilisiert und zurückgelöst werden und somit Wasserorganismen unmittelbar zur Verfügung stehen. Dies könnte z.B. bei einer Dynamisierung des Gewässers gemäß Maßnahmenplanung 2015-2021 bei gleichzeitigem Belassen der belasteten Sedimente im Gewässer auftreten. Aufgrund des neutralen pH-Wertes des Gewässers sowie der allenfalls geringfügigen Mobilisierung der Sedimente und gleichzeitiger Kolmatierung in Rückstaubereichen von Querbauwerken ist eine hohe Rücklösung insbesondere für die Schwermetalle bei dem aktuellem Ausbaugrad des Gewässers nicht anzunehmen. Das ist anzunehmen, da die Schadstoffkonzentrationen im Sediment des Landgrabens in den tieferen Beprobungsbereichen (Altsedimente) höher sind als im Neusediment. Es ist daher eher von einer stetigen Auflagerung von Sedimenten statt von einem hohen Abtrag auszugehen.



Eine humantoxikologische Relevanz lässt sich in Ermangelung von Grenzwerten bezogen auf den Menschen für Belastungen des Sediments nicht ableiten. Aufgrund der insgesamt geringen Dynamik des Abflusses, der Überlagerung der Altsedimente mit Neusedimenten, der schlechten Besiedlung der Sohle durch benthische Invertebraten sowie der anzunehmenden geringen Rücklösung ist nicht davon auszugehen, dass der Einfluss der im Sediment gebundenen Schadstoffe auf die Wasserphase sehr hoch sein wird. Es werden tendenziell eher neue Sedimente abgelagert. Eine Verschlechterung wird nach aktuellem Kenntnisstand aufgrund der allenfalls geringfügigen Mobilisierung des Sediments und der dadurch bedingten anzunehmenden geringen Rücklösung nicht erwartet.

Durch die geringeren Schadstoffkonzentrationen in den Neusedimenten, ist insgesamt eine leichte Verbesserung der Schadstoffsituation im Sediment – soweit eine Vergleichbarkeit gegeben ist – festzustellen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das Sediment des Landgrabens weder in seiner Substratzusammensetzung und -diversität noch hinsichtlich der chemischen Belastung den gewässerspezifischen Ausprägungen eines Typ 19-Gewässers mit gutem Zustand entspricht.

### 5.3 Bewertung Boden

Für die Bewertung von Böden ist die BBodSchV die Rechtsgrundlage. U.E. gilt die BBodSchV nur für den Fall, dass das Sediment rechtlich nicht zum Gewässer zu zählen ist. Das wäre der Fall, wenn z.B. der Verlauf des Landgrabens verändert würde und das Sediment im Boden verbliebe.

Die BBodSchV (1999) nennt nur für eine geringe Anzahl von Stoffen Vorsorge- und Maßnahmenwerte. Seitens der Behörden wäre zu prüfen, ob das Sediment (i.W. das Altsediment) in den Ordnungsbereich des Bodenschutzes fällt. Hierzu wurde seitens des RP Darmstadt Dez. IV, 41.5 Bodenschutz in einer Mail vom 03.05.2021 folgende Auskunft erteilt: *„Zum Gewässerbett zählen die Gewässersohle, die Grundfläche von Gewässern mit ihren Sedimenten und das Ufer. Das Sediment setzt sich an der Sohle fest bzw. bildet diese aus. Ausweislich des § 2 Abs. 1 BBodSchG gehört das Gewässerbett nicht zum Boden. Gewässerverunreinigungen, die nicht durch schädliche Bodenveränderungen entstanden sind, insbesondere großflächige Gewässerverunreinigungen unterfallen ausschließlich dem Wasserrecht. Im Falle von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen im Gewässerbett ist das Wasserrecht einschlägig. ...*

Dies gilt jedoch nicht für die Aue. Hierzu wurde in der gleichen Mail ausgeführt: *„Somit darf die Substratumlagerung im Gewässerbett nicht zu einer absehbaren Auflandung schadstoffbelasteter Sedimente auf Auenböden führen, die dazu geeignet sind, im Auflandungsbereich schädliche Bodenveränderungen auszulösen.“*

Da keine Feststoffwerte hinsichtlich der Frage, ob eine wasserrechtlich relevante Bodenveränderung vorliegt, definiert sind und keine Eluatwerte oder eine Sickerwasserprognose vorgenommen wurden, wurden zur Bewertung Feststoffwerte aus der BBodSchV Szenario Park und Freizeitflächen sowie Literaturwerte als Vergleichswerte herangezogen.

Tab. 20: Vergleichswerte Feststoffe nach BBodSchV (Vorsorgewerte; Szenario Park und Freizeitflächen) und Literaturvergleichswerte

Parameter	Einheit	Darstellungsgrundlage/ Vergleichswerte Boden (Sedimente)	Wert	10-fach Wert
Trockensubstanz	%		-	
<b>BTX</b>				
BTX Summe	mg/kg TS		-	
Cyanid (Gesamt-CN)	mg/kg TS	BBodSchV Prüfwert Park & FZ	50	500
<b>Dikegulac</b>	mg/kg TS		-	
<b>Metalle &amp; Metalloide</b>				
Quecksilber	mg/kg TS	BBodSchV Vorsorgewerte	0,5	5
Cadmium	mg/kg TS	BBodSchV Vorsorgewerte	1	10
Thallium	mg/kg TS	BBodSchV Vorsorgewerte	1	10
Kobalt	mg/kg TS		-	
Molybdän	mg/kg TS		-	
Blei	mg/kg TS	BBodSchV Vorsorgewerte		
Uran	mg/kg TS	UBA 2012	5	50
Arsen	mg/kg TS	BBodSchV Prüfwert Park & FZ	125	1.250
Vanadium	mg/kg TS		-	
Antimon	mg/kg TS		-	
Chrom	mg/kg TS	BBodSchV Vorsorgewerte	60	600
Nickel	mg/kg TS	BBodSchV Vorsorgewerte	50	500
Kupfer	mg/kg TS	BBodSchV Vorsorgewerte	400	4000
Zink	mg/kg TS	BBodSchV Vorsorgewerte	150	1500
Titan	mg/kg TS		-	
<b>PAK (Sedimente)</b>				
Anthracen	mg/kg TS			
Fluoranthren	mg/kg TS			
Pyren	mg/kg TS			
Benz(a)anthracen	mg/kg TS			
Benz(a)pyren	mg/kg TS	BBodSchV Vorsorgewerte	1	10
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS			
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS			
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TS			

Parameter	Einheit	Darstellungsgrundlage/ Vergleichswerte Boden (Sedimente)	Wert	10-fach Wert
Benzo(ghi)perylen	mg/kg TS			
PAK TVO Summe	mg/kg TS			
PAK EPA Summe	mg/kg TS	BBodSchV Vorsorgewerte	10	100
<b>Polychlorierte Biphenyle (PCB)</b>				
PCB Nr. 28	µg/kg TS		100	1000
PCB Nr. 52	µg/kg TS		100	1000
PCB Nr.101	µg/kg TS		100	1000
PCB Nr.118	µg/kg TS		-	
PCB Nr.138	µg/kg TS		100	1000
PCB Nr.153	µg/kg TS		100	1000
PCB Nr.180	µg/kg TS		100	1000
PCB Summe (7 Kongenere)	µg/kg TS		-	
PCB Summe DIN6	µg/kg TS	BBodSchV Vorsorgewerte	100	1000
<b>Polybromierte Diphenylether</b>				
Summe PBDE	µg/kg TS	UBA BE243, 2004	500	5000
<b>Chlorbenzole</b>				
1,2,3-Trichlorbenzol	µg/kg TS	IPCS 2003	100	1000
1,2,4-Trichlorbenzol	µg/kg TS	IPCS 2003	100	1000
1,3,5-Trichlorbenzol	µg/kg TS	IPCS 2003	100	1000
1,2,3,5-Tetrachlorbenzol	µg/kg TS	IPCS 2003	100	1000
1,2,4,5-Tetrachlorbenzol	µg/kg TS	IPCS 2003	100	1000
Pentachlorbenzol	µg/kg TS	IPCS 2003	100	1000
Hexachlorbenzol	µg/kg TS	IPCS 2003	100	1000
<b>Organochlorpestizide</b>				
Summe HCH	µg/kg TS	ARGE Elbe* (BBodSchV Prüfwert Park & FZ)	10 (25.000)	100 (250.000)
Summe DDD	µg/kg TS		-	
Summe DDE	µg/kg TS		-	
Summe DDT	µg/kg TS		-	
Hexachlorbutadien	µg/kg TS		-	
<b>Organische Zinnverbindungen</b>				
Monobutylzinn Kation	µg/kg TS	IME 2015 (UQN)	1,8	18
Dibutylzinn Kation	µg/kg TS	IME 2015 (MAC)	370	3700
Tributylzinn Kation	µg/kg TS		-	
Tetrabutylzinn	µg/kg TS	IME 2015 (MTR)	78	780
Triphenylzinn Kation	µg/kg TS		-	
Diocetylzinn Kation	µg/kg TS		-	
<b>Perfluortenside</b>				
Summe PFOA + PFOS	µg/kg TS		100	1000
<b>Kohlenwasserstoffe</b>				

Parameter	Einheit	Darstellungsgrundlage/ Vergleichswerte Boden (Sedimente)	Wert	10-fach Wert
Kohlenwasserstoffe (C10-C22)	mg/kg TS		-	
Kohlenwasserstoffe (C23-C40)	mg/kg TS		-	
Kohlenwasserstoffe, gesamt	mg/kg TS		-	
<b>TOC</b>	% TS		-	
<b>Chloralkane (C10-C13) (Summe)</b>	mg/kg TS		-	
<b>dioxinlike-PCB</b>				
Summe PCB (18 Kongenere)	µg/kg TS		-	
<b>PCDD/F</b>				
WHO(2005)-PCDD/F TEQ exkl. BG	ng/kg TS		-	
WHO(2005)-PCDD/F+PCB TEQ exkl. BG	ng/kg TS	BBodSchV Maßnahmenwert Park & FZ	1000	10.000

\* Werte gelten für Schwebstoffe

Als Schlussfolgerung lässt sich feststellen, dass es sich bei den Sedimentbelastungen im Landgraben um erhöhte Werte handelt, verursacht durch Schwermetalle, Quecksilber, Cadmium und Chrom, z.T. auch Blei, Nickel und PAK.

Die Belastung durch Organozinnverbindungen, bromierte Verbindungen PBDE und Chlorbenzole etc. sind dabei nicht in die Bewertung eingeflossen, da es für diese Stoffe bodenrechtlich keine Vorgaben gibt.

## 5.4 Abfalltechnische Bewertung

Die Einstufung des Sediments gem. LAGA/DepV ist aufgrund fehlender kompletter Abfallanalysen nicht möglich. In Anl. 4 werden jedoch die untersuchten Parameter nach den bekannten abfalltechnischen Kriterien der LAGA TR Boden bewertet (Überschreitung der Zuordnungswerte: Z1 gelb, Z2 rot). Dabei ist erkennbar, dass die Sedimente aufgrund der hohen Schwermetall- und PAK-Werte sowie der weiteren Spurenstoffe nicht in bodenähnlichen Anwendungen oder im Rahmen von Bauvorhaben verwertet werden können.

Die Ergebnisse aus Probe Sed 13 alt werden als Hinweis für Belastungen außerhalb des Gewässerbettes (z.B. Überflutungsbereich des Landgrabens außerhalb der fließenden Welle, der nur temporär benetzt wird) gesehen. Hier zeigen sich in der Sedimentanalytik erhöhte Gehalte an Schwermetallen, Uran und PAK sowie Nachweise von Dikegulac. Für eine Sanierung/Entsorgung bedeutet das, dass es im Gewässerrandbereich Hinweise auf einen erhöhten Sanierungsbedarf gibt und sich möglicherweise auch höhere Entsorgungsklassen/-kosten ergeben.

Eine Deponierung kommt wahrscheinlich wegen der teilweise erhöhten TOC-Werte ebenfalls nur für Teilchargen in Betracht, sodass folglich als Entsorgungsweg vorwiegend eine Verbrennung in einer Hausmüllverbrennungsanlage für die Entsorgung der Sedimente in Frage käme. Entsorgungstechnisch ist außerdem zu klären, ob der Sedimentaushub als gefährlicher Abfall einzu-stufen ist.

Sollte dies der Fall sein, ist u.U. eine Entsorgung in einer Hausmüllverbrennung nur mit Sondererlaubnis möglich. Außerdem sind für den Transport gesonderte Genehmigungen erforderlich.

Die Kosten für die Entsorgung in einer Hausmüllverbrennung liegen bei ca. 200 €/t (u.a. abhängig vom Wassergehalt). Es ist also anzuraten, das Sediment vor der Entsorgung zu entwässern bzw. zu trocknen. Durch eine Entwässerung des Sediments liegt eine Abfallbehandlung vor. Für die Behandlung wird voraussichtlich eine BImSch-Genehmigung erforderlich (vgl. Dok. 3).

Grob geschätzt muss für die Entnahme, die Behandlung und die Beseitigung der belasteten Sedimente mit **Kosten von 250 bis 300 €/t** gerechnet werden.

Eine sehr grobe pauschale Abschätzung der zu entnehmenden Sedimentmengen findet sich in Dokumentation 4. Es ergibt sich eine Sedimentmenge von ca. **150.000 t**.

Anhand der vorliegenden Daten (8 Untersuchungspunkte auf etwa 12 Flusskilometer) ist es nicht möglich, seriös einzelne Belastungsbereiche auszuweisen und eine Differenzierung nach Entsorgungsmöglichkeiten vorzunehmen. Hierzu wären aufwändige Sanierungsuntersuchungen mit vielen Einzeluntersuchungen erforderlich.

Insgesamt muss nach unseren Annahmen für die Entnahme, Behandlung und Beseitigung der Sedimente von der Kläranlage Darmstadt bis zur Mündung in den Schwarzbach mit Kosten zwischen **37,5 Mio. € bis 45 Mio. €** gerechnet werden.

## 5.5 Bewertung Grundwasser

Es existieren Hinweise auf eine Grundwasserbelastung durch Infiltration von Wasser aus dem Landgraben, zumindest im weiteren Umfeld des Landgrabens.

Die Bewertungsgrundlagen hinsichtlich einzelner im Grundwasser vorkommender Stoffe sind in Abschnitt 2.3.2 dargestellt.

Gesetzliche Bewertungsgrundlage für das Grundwasser sind die Schwellenwerte gem. Grundwasserverordnung (derzeit gültig 1. Veränderung der GrwV vom 04.05.2017).

Hiernach sind Festlegungen für jeden Grundwasserkörper zu treffen. Die Festlegungen basieren auf den Schwellenwerten gem. Anlage 2 (vgl. § 8a zusätzliche Inhalte der Bewirtschaftungsziele der 1. Änderung der Grundwasserverordnung). Die Schwellenwerte nach Anlage 2 sind nur für wenige Parameter festgelegt (s. Tab. 21). Weitere stoffspezifische Anforderungen an den Grundwasserkörper und an den mit dem Grundwasserkörper verbundenen Landgraben existieren u.W. nicht. Nach WHG gilt für Verunreinigung mit nicht geregelten Stoffen das Vorsorgeprinzip und Minimierungsgebot.

Tab. 21: Bewertung der Grundwassergefährdung nach 1. Änderung der Grundwasserverordnung 2017, Anlage 2

Parameter		Wert GrwV 2017	Landgraben
Nitrat	mg/l	50	keine aktuellen Angaben <sup>1)</sup>
PBSM, Biozide	µg/l	0,1/ 0,5 Einzel-/Summenwert	Triclosan: 0,44  Mecoprop: bis 0,15 <sup>2)</sup>
Arsen	µg/l	10	
Cadmium	µg/l	0,5	< 0,2
Blei	µg/l	10	
Quecksilber	µg/l	0,2	0,11
Ammonium	mg/l	0,5	0,2
Chlorid	mg/l	250	202
Nitrit	mg/l	0,5	0,087
ortho-Phosphat	mg/l	0,5	0,25
Sulfat	mg/l	250	142
Summe Tri- und Tetrachlorethen	µg/l	10	

1) Grundwasserkörper ist deutlich belastet (Messstelle Büttelborn 2017  
**max. Wert: 240 mg/l (2011)**)

2) Vergleiche Werte Tab. 12 Messstellen Trebur seit 2017

Die Werte im Landgraben – bis auf die PBSM (Triclosan) – liegen unter den Schwellenwerten der Grundwasserverordnung. Ein Großteil der untersuchten und relevanten Stoffe wird jedoch durch die Grundwasserverordnung nicht erfasst. Relevant im Landgrabenwasser sind neben den PBSM Süßstoffe und Arzneimittel.

Für eine belastbare Bewertung des Eintrags in das Grundwasser müsste nach BBodschV eine Sickerwasserprognose durchgeführt werden. Dies ist für die untersuchten Stoffe nicht durchführbar, da Quellterme/Eluatwerte und örtliche Mobilitäts- und Abbaudaten nicht vorliegen. Die „Sickerwasserprognose“ erfolgt daher vergleichend und verbalargumentativ nach Stoffgruppen anhand von Mobilitätskriterien. Die Stoffgruppen werden nachfolgend kurz zusammengestellt und hinsichtlich der Mobilität und eines Grundwassereintrags bewertet.

Eine zusätzliche Datengrundlage für die Bewertung der einzelnen Stoffgruppen bzgl. ihrer Grundwassergängigkeit liefern folgende Dokumente:

- Anhang 2 der Handlungsanleitung für ein harmonisiertes Vorgehen bei der Einstufung des chemischen Zustands der Oberflächenwasserkörper, Steckbrief der relevanten und geregelten Stoffe n. Anl. 8 OGewV 2016; Stand Mai 2020.  
(Hier wird die Mobilität einzelner Stoffe bzw. Stoffgruppen beschrieben.)

- [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/fliessgewaesser/gewaesserbelastung/orientierende\\_messungen/](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/fliessgewaesser/gewaesserbelastung/orientierende_messungen/)  
(Enthält vertiefte Angaben zu einzelnen Stoffen und Stoffgruppen.)
- IPCS (International Programme on Chemical Safety) (2003): Chlorobenzene other than hexachlorobenzene: Environmental aspects, Concise International Chemical Assessment Document 60.  
(Enthält Angaben zum Umgang mit Chlorbenzolen im Grundwasser für den Bereich des Industriepark Frankfurt Höchst.)
- IME 2015: Quality Standards des Fraunhofer Instituts (IME).  
(Im aktuellen IME-Bericht 2015<sup>2</sup> werden UQN-Vorschläge für vereinzelte Sedimentwerte genannt.)

Die Belastungen der Sedimente werden folgendermaßen bzgl. ihrer Grundwassergefährdung eingeschätzt:

Die **BTX-Konzentration** im Sediment ist mit deutlich unter 1 mg/kg gering. Aktuelle Werte des Oberflächenwassers im Landgraben liegen nicht vor. Das Risiko einer Gefährdung des Grundwassers durch BTX-Aromaten in Folge eines Austrags aus dem Sediment wird als gering angesehen.

**Cyanide** liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze.

**Dikegulac** liegt im Sediment unterhalb der fließenden Welle des Landgrabens unterhalb der Bestimmungsgrenze. Im Wasser des Landgrabens existieren allerdings noch Konzentrationen von bis zu 4 µg/l. Eine Gefährdung des Grundwassers durch Dikegulac in Folge eines Austrags aus dem Sediment kann nicht beurteilt werden, da keine Eluatwerte vorliegen. Die Gefahr eines Eintrags von Dikegulac über das Oberflächenwasser des Landgrabens wird wegen der geringen Gehalte nur noch als gering angesehen. Die lange Zeit festgestellte Belastung des Grundwassers mit Dikegulac stammt aus alten Emissionen (1980er- und 1990er-Jahre).

Dies wird gestützt durch die Untersuchungen an der Probenahmestelle Sed 13 alt. Die Probe Sed 13 alt wird als typisch für einen Überflutungsbereich des Landgrabens außerhalb der fließenden Welle gewertet, der nur temporär benetzt wird. Hier zeigen sich in der Sedimentanalytik erhöhte Gehalte an Schwermetallen, Uran und PAK. Auch Dikegulac wird nachgewiesen. Da Dikegulac sehr mobil ist, könnte hier eine Verlagerung in das Grundwasser stattfinden. Der Dikegulac-Nachweis zeigt, dass außerhalb des unmittelbaren Gewässerbereichs durchaus noch eine relevante Schadstoffsenke existieren kann, in der erhöhte Gehalte an Dikegulac (und anderer früher in den Landgraben eingetragener Stoffe) nachgewiesen werden können.

---

<sup>2</sup> IME (2015): Revision der Umweltqualitätsnormen der Bundes-Oberflächengewässerverordnung nach Ende der Übergangsfrist für Richtlinie 2006/11/EG und Fortschreibung der europäischen Umweltqualitätsziele für prioritäre Stoffe; TEXTE 47/2015, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit; im Auftrag des UBA.

Da Dikegulac nur noch in geringen Konzentrationen im Wasser des Landgrabens nachweisbar ist, gehen wir von einer weiteren Abnahme der Konzentrationen im Grundwasser aus.

**Schwermetalle, Metalle, Metalloide:** Eine Grundwassergefährdung durch diese Stoffgruppe wird aufgrund der Sorption der Metalle an das Sediment nicht in großem Umfang erwartet, solange keine Mobilisierung durch die Bewegung des Sediments erfolgt. Zusätzliche Einträge über das Wasser des Landgrabens werden wahrscheinlich durch Adsorption an die Sedimente zurückgehalten. Die **Uran**belastung in Sed\_13\_alt stammt möglicherweise aus einem Düngereintrag.

**PAK:** Es liegen geringe bis mäßige Belastungen durch die Summe PAK aus den aktuellen Untersuchungen im Sediment insbesondere durch Anthracen, Fluranthen, Benz-a-anthracen und Benzo-b-fluranthen vor. Allerdings wurden in früheren Untersuchungen sehr hohe Gehalte nachgewiesen. Eine Grundwassergefährdung durch PAK wird aufgrund der geringen Mobilität (log Kow i.d.R. größer 4) und der großen Sorptionsneigung der Stoffe an das Sediment nicht in größerem Umfang erwartet.

**PCB** werden im Sediment in leicht erhöhten Konzentrationen gemessen. Im Wasser des Landgrabens liegen leicht erhöhte Schwebstoffgehalte vor. Eine Grundwassergefährdung durch PCB wird aufgrund der geringen Mobilität (log Kow größer 5) und der großen Sorptionsneigung der Stoffe an das Sediment nicht in größerem Umfang erwartet.

Für die Stoffgruppe **PBDE** (Flammschutzmittel, ubiquitär) zeigt ein Vergleich mit Belastungen in Gewässern (z.B. in den Sedimenten der Donau mit einem Mittelwert von ca. 500 µg/kg<sup>3</sup>), dass die aktuell im Sediment gemessenen Werte im Landgraben mit unter 177 µg/kg relativ gering sind. Für das Oberflächenwasser liegen uns keine Werte vor. Die Mobilität bromierter Diphenylether ist mit log Kow-Werten weit über 6 sehr gering. Eine Grundwassergefährdung durch PBDE wird als gering erachtet.

**Chlorbenzole:** Böden, in denen die Belastung mit Dichlorbenzolen unter 0,4 mg/kg und mit anderen Chlorbenzol-Kongeneren unter 0,1 mg/kg liegt, werden im Industriepark Hoechst als unbelastet ausgewiesen.<sup>4</sup>Die im Sediment gemessenen Gehalte an Trichlorbenzolen sind mit bis zu 210 mg/kg deutlich erhöht. Trichlorbenzole sind relativ wenig mobil (log Kow-Wert um 4). Allerdings zeigen Fahnen dieser Stoffgruppe im Grundwasser am Chemiepark Höchst<sup>5</sup> dass Chlorbenzole auch grundwassergängig sind.

Eine Grundwassergefährdung durch Chlorbenzole aus den Sedimenten ist u.E. daher unsicher und nicht ausgeschlossen.

---

<sup>3</sup> Moche et. al. (2004): Bromierte Flammschutzmittel in der aquatischen Umwelt (UBA BE243).

<sup>4</sup> IPCS (International Programme on Chemical Safety) (2003): Chlorobenzenes other than hexachlorobenzene: Environmental aspects, Concise International Chemical Assessment Document 60.

<sup>5</sup> Christian Felten (2018): Untersuchungen zur Mobilität von Chlorbenzolverbindungen in schadstoffbelasteten Böden am Beispiel des Industrieparks Frankfurt-Höchst (IPH), Diss. Uni Gießen, FB09.



**Organochlorpestizide:** Für **HCH** gilt nach der ARGE-Elbe die Zielvorgabe von 10 µg/kg TS (HLUG 2003). Ein Wert für den Boden/das Sediment ist nicht festgelegt.

HCH hat einen Kow von 3,5, ist mäßig wasserlöslich (8,52 mg/l) und damit mäßig mobil.<sup>6</sup> Es ist mit einer messbaren Grundwassergängigkeit und damit einer potentiellen Grundwassergefährdung zu rechnen.

**Organozinnverbindungen:** Die im Sediment erhobenen Organozinnwerte liegen in relativ geringen Konzentrationen vor. Organozinnverbindungen sind unterschiedlich mobil. Für Tributyl-Zinn wird im leicht sauren pH-Bereich eine Wasserlöslichkeit von 0,75 mg/l, bei niedrigen und erhöhten pH-Werten sogar größer 30 mg/l angegeben. Der log Kow liegt bei größer 2,5. Damit ist eine Mobilität in Richtung Grundwasser zu erwarten. Es kann daher eine potentielle Grundwassergefährdung nicht ausgeschlossen werden.

**Perfluorierte Tenside:** Die Summe der PFC (PFOA+PFOS) liegen an zwei Stellen im Sediment in leicht erhöhten Konzentrationen (unter den Grenzwerten der AbfallKV) vor (vgl. Anl. 3). PFC sind sowohl oleophob als auch hydrophob und im Grundwasser persistent und sehr mobil. Die Grundwassergefährdung wird durch Feststoffuntersuchungen nur unzureichend abgebildet, da die Nachweisgrenzen verfahrensbedingt zu hoch sind, um eine Grundwassergefährdung zu beschreiben. An der Oberflächenwassermessstelle Trebur wird aktuell eine Konzentration von 0,016 µg/l und damit eine Überschreitung des UQN gemessen. Aus diesen Gründen werden eine Grundwassergefährdung (allerdings auf einem kleinen Niveau) über den Landgraben und das Sediment und ein Eintrag von PFC als möglich angesehen. Allerdings liegt der Wert deutlich unter der Geringfügigkeitsschwelle für einzelne PFC (vergl. Tab. 14).

**Kohlenwasserstoffe:** Die Kohlenwasserstoffe liegen im Sediment mit bis zu 1.000 mg/kg in leicht erhöhten Konzentrationen vor. An einer Stelle (FKm 7,3) sind sie jedoch mit bis zu 3.100 mg/l deutlich erhöht. Kohlenwasserstoffe sind i.d.R. mäßig wasserlöslich und biologisch gut abbaubar. Sie stellen wahrscheinlich keine relevante Gefährdung des Grundwassers dar.

Die Stoffgruppe der **Dioxine und Furane (PCDD/F)** wird mit Summenkonzentrationen TEQ von 34,1 bzw. 97,9 µg/kg an FKm 7,3 (mittlere bzw. untere Sedimentprobe) leicht über den Grenzwerten der AbfallKV gemessen. Dioxine/Furane sind persistent und nur gering wasserlöslich. Die log Kow-Werte der PCDD/F liegen zwischen 4 und bis zu über 10. Damit sind Dioxine im Wasser nur wenig mobil. Eine Grundwassergefährdung ist u.E. aus den vorliegenden Werten nicht ableitbar.

---

<sup>6</sup> Anl.2: Handlungsanleitung für ein harmonisiertes Vorgehen bei der Einstufung des chemischen Zustands der Oberflächenwasserkörper Steckbriefe der relevanten und neu geregelten Stoffe nach Anlage8 OGewV 2016 Stand: Mai 2020.

### **Potentielle Grundwassergefährdungen durch weitere im Wasser des Landgrabens oder im Grundwasser und nicht im Sediment gemessene Spurenstoffe**

Die im Grundwasser festgestellten Gehalte an Bor, Chlorid und Dikegulac sowie Arsen und Zink sind vermutlich nicht auf Remobilisierung aus dem Sediment, sondern auf andere Quellen, insbesondere auf die fließende Welle, zurückzuführen (s.a. Arcadis 2019/TuP, 2000).

Potentiell bestehen Grundwassergefährdungen durch mobile, im Oberflächenwasser des Landgrabens gelöste Stoffe. Nach unserer Interpretation der Grundwasserergebnisse sind das beispielsweise der Süßstoff Acesulfam und das Arzneimittel Diclofenac, für die bereits vereinzelte Nachweise im Grundwasser vorliegen und die u.E. wahrscheinlich aus dem Landgraben stammen.

Weiterhin sind u.E. potentielle Grundwassergefährdungen durch eine Verlagerung von im Sediment nachgewiesenen Schadstoffen in das Grundwasser durch die Stoffe HCH (im Sediment in stark erhöhten Gehalten nachweisbar) sowie Mono- und Dibuthylzinn und Chlorbenzole zu besorgen.

Eine humantoxikologische Wirkung kann unter Berücksichtigung der GFS-Werte für die Stoffe im Grundwasser beleuchtet werden (vgl. Tab. 19). In den Abstrommessstellen zeigen die GFS-Werte der Schwermetalle (Blei, Arsen, Kupfer, Zink) z.T. deutliche Überschreitungen. HCH wird im Grundwasser nicht nachgewiesen. PFOS und PFOA liegen im Grundwasser ebenfalls unterhalb der GFS-Werte. Ohne weitere speziell auf die Fragestellung ausgerichtete Untersuchungen kann es jedoch zu Fehlinterpretationen kommen.

*Anmerkung: Das Grundwasser wurde bisher und wird durch Einträge aus dem Landgraben belastet. Der darunter liegende Hochflutlehm verhindert hydraulisch eine größere Infiltration von Oberflächenwasser in das Grundwasser und stellt gleichzeitig eine Schadstoffsенke für Schadstoffe aus dem Landgraben dar. Sollte irgendwann einmal das Oberflächenwasser so sauber werden, dass der Hochflutlehm dem Oberflächenwasser nicht mehr als Schadstoffsенke dient oder wenn sich die Adsorptionskapazität des Hochflutlehms erschöpft, können Schadstoffe aus dem Hochflutlehm in das Grundwasser verlagert werden (Remobilisierung). Für einzelne Schadstoffe (wie z.B. Dikegulac nach der Einstellung der Dikegulaceinleitung in den Landgraben 1991) ist das der Fall, für andere Schadstoffe sind die Qualitätsziele im Oberflächenwasser des Landgrabens bis heute noch nicht erreicht und es werden weitere Schadstoffadsorptionen an den Hochflutlehm erwartet. Dies gilt auch für „neue“ Schadstoffgruppen. Ob Schadstoffe durch den Hochflutlehm in das Grundwasser gelangen können und wie hoch deren Frachten sind, sind komplizierte Prozesse mit vielen Wechselwirkungen (hydraulisch und hydrochemisch) zwischen dem Oberflächen- und Grundwasser, dem Wasser/Feststoff, den Schadstoffen untereinander und mit dem Sediment. Eine abschließende Beurteilung ist mit den vorhandenen Daten nicht vornehmbar.*

## 5.6 Trinkwassergewinnung (WW Dornheim)

Das Wasserwerk Dornheim ist u.E. potentiell weiterhin durch Einträge aus dem Landgraben gefährdet. Nach Aussagen des Gutachtens Arcadis (2019), Anhang 10 versickern ca. 3,77 Mio m<sup>3</sup>/a zwischen Fkm 13,7 und 5,3 aus dem Landgraben in das Grundwasser. Dieser Wert deckt sich mit früheren Aussagen. Der Pfad von der Eintragsstelle (Landgraben) zu den betriebenen Brunnen des Wasserwerks Dornheim ist grundsätzlich bei niedrigen Grundwasserständen in den Sommermonaten gegeben, da dann eine Infiltration aus den Landgraben stattfindet.

Ein Teil des Grundwassers wird Richtung Trinkwassergewinnung des Wasserwerks Dornheim verlagert. Zwar wurden die nächstgelegenen Brunnen abgeschaltet, der Einzugsbereich des Wasserwerks Dornheim reicht jedoch noch bis in den Infiltrationsbereich.

Die Messungen von Diclofenac und Acesulfam in den Messstellen des LGD, die u.E. auf Einträge aus dem Landgraben zurückgehen, zeigen u.E., dass weiterhin Spurenstoffe – wenn auch in geringen Konzentrationen – durch Infiltration von Landgrabenwasser in das Grundwasser gelangen.

Durch Verdünnungseffekte rechnen wir im Wasserwerk Dornheim, wenn überhaupt, nur mit sehr geringen Stoffkonzentrationen. Genauere Aussagen sind mit den uns zur Verfügung gestellten Unterlagen nicht zu treffen.

Für eine fundierte Klärung der langfristigen Gefährdung des Wasserwerks Dornheim durch Einträge aus dem Landgraben bzw. aus den Sedimenten des Landgrabens sind u.E. weitere systematische Untersuchungen (Errichtung von pfadspezifischen Grundwassermessstellen, Grundwasseruntersuchungen und Berechnungen der Verdünnung mittels eines reaktiven Stofftransportmodells) erforderlich.

## 6 HANDLUNGSOPTIONEN

Für die Sanierung des Landgrabens bestehen zwei grundsätzliche Handlungsoptionen, die nachfolgend skizziert und anhand einer Stärke-/Schwäche-Analyse SWOT-Analyse (s.u.) diskutiert und bewertet werden.

- Option 1: Umfassende Sanierung und gewässerökologische Entwicklung des Landgrabens
- Option 2: Belassen der belasteten (Fein-)Sedimente im Gewässerbett ohne gewässerökologische Entwicklung des Landgrabens

Zwischen den beiden Optionen gibt es Abstufungen, die aber derzeit nicht sinnvoll benannt und bewertet werden können.

Die o.g. Optionen werden in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben, einer Kostenschätzung unterzogen und im Rahmen einer SWOT-Analyse bewertet.

### 6.1 Option 1: „Umfassende Sanierung und gewässerökologische Entwicklung des Landgrabens“

Die Option 1 verfolgt das langfristige Ziel, sowohl den Oberflächenwasserkörper als auch den Grundwasserkörper in einen guten chemischen und ökologischen Zustand zu versetzen und die hydromorphologischen Voraussetzungen für einen guten ökologischen Zustand des Landgrabens zu schaffen. Hierzu ist als erster Schritt eine weitere Verbesserung der Reinigung der Abläufe aus den Kläranlagen Darmstadt und Merck durch die Verwirklichung der 4. Reinigungsstufe zu gewährleisten, um zukünftige Schadstoffeinträge weitgehend zu minimieren.

Unter der Option 1: „Umfassende Sanierung und gewässerökologische Entwicklung des Landgrabens“ versteht sich die Kombination der folgenden Maßnahmen:

- Entnahme des gesamten kontaminierten Sediments von der Einleitung der Kläranlagen Merck und Darmstadt bis zur Mündung in den Schwarzbach,
- Gewässerentwicklungsmaßnahmen am Landgraben inkl. Rückbau der verrohrten Teile, Schwellen etc.,
- Sanierung der Hauptpunktquellen (Kläranlagen Merck und Darmstadt) sowie Reduzierung zusätzlicher Belastungen aus sonstigen Einleitungen (z.B. Mischwasserentlastungen).

Eine Sanierung/Entnahme der Sedimente ist für die Herstellung eines guten ökologischen und chemischen Zustands des Landgrabens erforderlich. Nachfolgend werden stichpunktartig die Ziele, die erforderlichen Maßnahmen und Voraussetzungen aufgelistet.

## Ziele

Für das Oberflächengewässer werden mit der Option 1 folgende Ziele angestrebt:

- guter ökologischer Zustand OW
- guter chemischer Zustand OW
- hydromorphologische Verbesserungen

Für das Grundwasser werden mit der Option 1 folgende Ziele angestrebt:

- guter chemischer Zustand GW (keine Beeinträchtigung durch Landgraben)
- keine Schadstoffeinträge in das Grundwasser aus OW
- keine negativen Auswirkungen auf die Trinkwassergewinnung

## Vorgehensweise / Erforderliche Maßnahmen

Für die Umsetzung der Option 1 ist eine Reihe von Maßnahmen notwendig, die aufeinander abgestimmt in folgender Reihenfolge anstehen:

1. Sanierung Punktquellen => Minderung erneuter Belastungen
2. Entnahme belastetes (Fein)Sediment => Voraussetzung für Gewässerentwicklung
3. Umsetzung der vorgesehenen Gewässerentwicklungsmaßnahmen

## Voraussetzungen

Für die Umsetzung der Option 1 sind folgende Voraussetzungen zu nennen und vorab zu klären bzw. sicherzustellen:

- Sicherstellen, dass von dem entwickelten Gewässer keine Belastungen für das Grundwasser ausgehen.
- Sicherstellen, dass keine erneute Akkumulation belasteter Sedimente erfolgen kann.

### 6.2 Option 2: „Belassen der belasteten (Fein-)Sedimente ohne gewässerökologische Entwicklung des Landgrabens“

Die Option 2 beinhaltet Verbesserungsmaßnahmen für die Wasserqualität des Landgrabens durch die Umsetzung der vierten Reinigungsstufe an den Kläranlagen Darmstadt und Merck, belässt aber die kontaminierten Sedimente im Gewässer.

Dadurch müssen verminderte Qualitätsziele für die ökologische Qualität des Landgrabens hingenommen werden. Die Erreichung der bestehenden Ziele ist damit nicht möglich. Die Interaktion zwischen Fließgewässer und Grundwasser entspricht weiterhin dem rezenten Status.

Unter der Option 2: „**Belassen der belasteten (Fein-)Sedimente ohne gewässerökologische Entwicklung des Landgrabens**“ kommt die Kombination folgender Maßnahmen zum Tragen:

- das Belassen des kontaminierten Sediments von der Einleitung der Kläranlagen Merck und Darmstadt bis zum Schwarzbach und
- keine Gewässerentwicklungsmaßnahmen.
- Auch in dieser Variante wird vorausgesetzt, dass die Hauptpunktquellen durch die Einführung der 4. Reinigungsstufe saniert werden (s.o.), um eine weitere Belastung der Oberflächenwasserkörper zu vermeiden. Darüber hinaus sollten zusätzliche Belastungen aus sonstigen Einleitungen (z.B. Mischwasserentlastungen) so weit wie möglich reduziert werden. Mischwasserentlastungen können sehr relevant sein, insbesondere für Nährstoffbelastungen, aber auch sehr unterschiedlich hinsichtlich der Größe der Belastungen. Daher benötigen sie jeweils spezifische technische Lösungen und sind nicht pauschal zu bewerten.

## Ziele

Für das Oberflächengewässer werden mit der Option 2 folgende Ziele angestrebt:

- guter chemischer Zustand
- verminderte Umweltziele für biologische QK (sowie als unterstützende Komponente: Hydromorphologische Verhältnisse).

Für das Grundwasser werden mit der Option 2 folgende Ziele angestrebt:

- guter chemischer Zustand GW (keine Beeinträchtigung durch Landgraben),
- verminderte Einträge in das Grundwasser aus OW,
- Sicherung der Trinkwassergewinnung.

## Vorgehensweise / Erforderliche Maßnahmen

Für die Umsetzung der Option 2 ist eine Reihe von Maßnahmen notwendig, die aufeinander abgestimmt in folgender Reihenfolge anstehen:

1. Sanierung Punktquellen => Minderung erneuter Belastungen
2. Belassen von belastetem (Fein)Sediment => keine Gewässerentwicklung

3. Keine Umsetzung der vorgesehenen Gewässerentwicklungsmaßnahmen  
=> Änderung des Maßnahmenprogramms

### Voraussetzungen

Für die Umsetzung der Option 2 sind folgende Voraussetzungen zu nennen und vorab zu klären bzw. sicherzustellen:

- Sicherstellen, dass von dem Sediment keine Gefährdungen für das Grundwasser und das Oberflächengewässer sowie die Nutzungen ausgehen (auf Grundlage vertiefenden Untersuchungen, s.u.).
- Vermeiden, dass sich der Zustand weiter verschlechtert.
- Sicherstellen, dass keine weitere Akkumulation oder Verlagerung/Austrag belasteter Sedimente erfolgen kann.

### 6.3 Kostenvergleich der Optionen 1 und 2

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die jeweils notwendigen Maßnahmen für die Optionen 1 und 2 benannt. Nachfolgend werden als eine mögliche Entscheidungsgrundlage überschlägig die jeweiligen Kosten abgeschätzt. In den Kosten wurden auch notwendige Untersuchungsmaßnahmen im Vorfeld mitberücksichtigt.

Tab. 22: Vergleichstabelle Kosten für beide Optionen

Maßnahmen	Option 1	Option 2
Untersuchungen Grundwasser- und Trinkwasserpfad	1,1 Mio. € (vgl. Kapitel 5)	
Notwendige Untersuchungen für die abschließende Bewertung und Maßnahmenplanung	5,7 bis 6,8 Mio. € (15% der Entsorgungskosten für Planung und Untersuchungen)	keine
Maßnahmen Punktquellen	gleich bei beiden Optionen (vgl. Bewirtschaftungsplanung / Maßnahmenoptionen des Landes)	
Sedimententnahme und -entsorgung	37,5 bis 45,0 Mio. € (vgl. Dok. 4)	keine
Gewässerentwicklungsmaßnahmen	11,0 Mio. (0,5 Mio./Gewässer-KM)	keine
Summe	55,3 bis 63,9 Mio. €	1,1 Mio.

## 6.4 Beurteilung der Handlungsoptionen und Empfehlungen mit Hilfe einer SWOT-Analyse

Bei der SWOT-Analyse handelt es sich um die Betrachtung und Abwägung von Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken für die beiden Handlungsoptionen für die Herstellung eines guten Zustands des Landgrabens und deren Rahmenbedingungen.

SWOT steht für **S**trengths (Stärken), **W**eakness (Schwächen), **O**pportunities (Chancen), **T**hreats (Risiken)-Analyse. Mit dieser Analyse kann – ausgehend vom aktuellen Zustand – abgeleitet werden, welche Optimierungsmaßnahmen strategisch geeignet sind.

Nachfolgend werden die beiden Optionen nebeneinandergestellt und jeweils getrennt voneinander beurteilt. Die abschließende Entscheidung, welche der Optionen gewählt wird, liegt im Ermessen der verantwortlichen Behörden.

Leitfragen einer SWOT-Analyse:

- Stärken: Hat die Option Stärken, um Chancen zu nutzen?
- Schwächen: Hat die Option Schwächen, die die Nutzung von Chancen verhindern?
- Chancen: Hat die Option Stärken, um die Risiken zu bewältigen?
- Risiken: Welche Risiken sind mit der Option aufgrund ihrer Schwächen verbunden?

### 6.4.1 SWOT-Analyse zur Option 1

In der nachfolgenden Tabelle wurde eine SWOT-Analyse für die Option 1 „Umfassende Sanierung und gewässerökologische Entwicklung des Landgrabens“ durchgeführt:

STÄRKEN	SCHWÄCHEN
Konformität zu den Zielen nach WRRL Erreichung des guten Zustands	umfangreiche Sanierung der Punktquellen OW im Vorlauf notwendig Entnahme der belasteten Feinsedimentauflage sehr kostenaufwendig*
CHANCEN	RISIKEN
Guter ökologischer und chemischer Zustand OW** Nachhaltige Verbesserung des Gesamtsystems OW-GW	Entfernung Kolmation → potenzielle Belastung GW, sofern OW noch belastet im Nachgang möglicherweise weiterhin Belastung mit Spurenstoffen Zielerreichung OW nicht sicher, da multifaktorielle Belastungen vorliegen

\* Kostenschätzung: 55,3 Mio. € bis 63,9 Mio. €

\*\* bei funktional wirksamer 4. Reinigungsstufe



Die Sanierung des Oberflächengewässers würde den Zielen der Bewirtschaftungsplanung – Dynamisierung des Gewässers – entsprechen und eine hydromorphologische Aufwertung ermöglichen. Mit dieser Option ist eine Zielerreichung gemäß WRRL (guter ökologischer und chemischer Zustand) möglich. Aufgrund der (historischen) Vorbelastung ist der wirtschaftliche Aufwand jedoch sehr hoch.

### Minderung / Klärung der Risiken

Auf der bestehenden Datenbasis, einschließlich des HLNUG-Berichts zu Spurenstoffen im Hessischen Ried (2016), ist eine belastbare Ermittlung und damit die Einschätzung der Risiken nur eingeschränkt möglich. Folgende Untersuchungen sind notwendig, um die formulierten Risiken zu klären:

- vertiefte Untersuchungen möglicher Eintragspfade in das Grundwasser,
- hiervon unbenommen: Untersuchung und Klärung des Eintragspfades von Schadstoffen OW-GW (Trinkwasserversorgung) durch eine erweiterte Datenauswertung und systematische Untersuchungen im Grundwasser (vgl. Kapitel 5).

Anmerkung: Die Klärung der Risiken bei der Entfernung der Sedimentschicht (Kolmation) ist u.E. nur erforderlich, wenn die Schwächen – hier die sehr hohen Kosten der Sedimententnahme und -entsorgung – akzeptiert und getragen werden.

### 6.4.2 SWOT-Analyse zur Option 2

In der nachfolgenden Tabelle wurde eine SWOT-Analyse für die Option 2 „Belassen der belasteten (Fein-)Sedimente ohne gewässerökologische Entwicklung des Landgrabens“ durchgeführt.

STÄRKEN	SCHWÄCHEN
keine umfassenden Maßnahmen erforderlich geringere Kosten keine Veränderung der Belastungssituation für das Grundwasser	keine Erreichung des guten Zustands umfangreiche Sanierung der Punktquellen OW weiterhin notwendig (Zielerreichungsgebot) keine Konformität zum aktuellen Maßnahmenprogramm (Hydromorphologie)
CHANCEN	RISIKEN
guter chemischer Zustand OW** Einsparung von Mitteln in einem begrenzt entwickelbaren Gewässersystem* Nutzung der eingesparten Mittel in anderen Gewässersystemen	aufwendige Herleitung und Begründung verminderter Umweltziele keine nachhaltige Verbesserung des Gesamtsystems OW-GW

\*: Kostenschätzung: 1,1 Mio. €

\*\* bei funktional wirksamer 4. Reinigungsstufe

Mit dieser Option ist eine unveränderte Zielerreichung gemäß WRRL (guter ökologischer und chemischer Zustand) nicht möglich. Aufgrund der (historischen) Vorbelastung ist der wirtschaftliche Aufwand jedoch hoch. Darüber hinaus muss eine Ausnahme von den Bewirtschaftungszielen hergeleitet und beantragt werden.

Auf der bestehenden Datenbasis ist eine belastbare Ermittlung und damit die Einschätzung der Risiken nur eingeschränkt möglich.

### **Minderung / Klärung der Risiken**

- vertiefte Untersuchungen möglicher Eintragspfade in das Grundwasser und der langfristigen potentiellen Gefährdung der Trinkwassergewinnung,
- hiervon unbenommen: Untersuchung und Klärung des Eintragspfades von Schadstoffen OW-GW (Trinkwasserversorgung) durch eine erweiterte Datenauswertung und systematische Untersuchungen im Grundwasser (vgl. Kapitel 5).

## 7 EMPFEHLUNG

Bei einer Konkretisierung und Auswahl der nachfolgend aufgeführten Empfehlungen und Umsetzungsmaßnahmen wird dringend empfohlen, alle drei Kompartimente (OW, Boden, GW) im Verbund und ihren Wechselwirkungen zu berücksichtigen.

### 7.1 Oberflächenwasser

Das Oberflächengewässer ist chemisch und ökologisch in einem schlechten Zustand.

Die Wasserqualität führt aktuell zu einer fortwährenden stofflichen Belastung und die hydromorphologischen Verhältnisse (Ausbau und Rückstauprägung) führen zur fortschreitenden Akkumulation von Feinsedimente, wobei die jüngeren Feinsedimente geringer belastet sind als die älteren Akkumulationen.

**Vor Umsetzung der 4. Reinigungsstufe** an den relevanten Kläranlagen sowie, soweit möglich, der Reduzierung zusätzlicher Belastungen aus sonstigen Einleitungen (z.B. Mischwasserentlastungen) empfehlen wir ausdrücklich **keine Entnahme/Mobilisierung der belasteten Schlämme** und auch keine weitergehenden Maßnahmen zur hydromorphologischen Verbesserung des Landgrabens.

Nach Sicherstellung einer ausreichend guten Wasserqualität, die eine zusätzliche Belastung des Grundwassers sicher ausschließt, liegt die Entscheidung der weiteren Vorgehensweise bei der abwägenden Bewirtschaftungsbehörde:

Option 1: Umfassende Sanierung und gewässerökologische Entwicklung des Landgrabens

Option 2: Belassen der belasteten (Fein-)Sedimente ohne gewässerökologische Entwicklung des Landgrabens

Aus rein gewässerökologischer Sicht ist Option 1 zu präferieren, da Option 2 die Erreichung der originären Ziele der WRRL dauerhaft verhindert.

### 7.2 Boden / Umgang mit den Sedimenten

Es wurde festgestellt, dass sich tendenziell seit dem Jahr 2003 eine leichte Verbesserung der Sedimentbelastung im Landgraben eingestellt hat. Außerdem wird in allen Fällen deutlich, dass die Gehalte **in den tieferen** Beprobungsbereichen (Altsedimente) höher sind als im Neusediment. Die Wasserqualität des Landgrabens hat sich ebenfalls tendenziell verbessert, weist aber noch keine befriedigende Güte auf.

Wir empfehlen daher, die Sedimente bis zur Erreichung einer guten Wasserqualität des Landgrabens **nicht** zu entnehmen (vgl. SWOT-Analyse, Kap. 6).

Eine Entnahme von Sediment aus dem Landgraben wird ebenfalls aus Gründen des Grundwasserschutzes (Mobilisierung von Schadstoffen, Schaffen von neuen präferenziellen Wegen) derzeit **nicht** empfohlen.

### 7.3 Grundwasser

Wir halten es für erforderlich, den Pfad Landgraben (OW)-Sediment-Grundwasser langfristig, gestuft und systematisch zu untersuchen.

- Als **erster Schritt** sollten alle verfügbaren Informationen (auch die des Wasserwerkbetreibers) ausgewertet und in einer Datenbank zusammengestellt werden.
- Als **zweiter Schritt** werden zusätzliche Untersuchungen auf HCH, Organozinnverbindungen und Chlorbenzole (ggf. weitere, abhängig von Schritt 1) in den Messstellen des LGD empfohlen.
- Als **dritten Schritt** schlagen wir vor, ein Messkonzept zu erarbeiten, in dem die Abstrommessstellen des Landgrabens sowie die Vorfeldmessstellen des Wasserwerks regelmäßig untersucht werden. Hierzu ist zunächst die Eignung der bereits vorhandenen Messstellen zu überprüfen.
  - Nach den uns vorliegenden Daten ist eine Verdichtung des Messnetzes in den Abstrombereichen des Landgrabens durch die Neuerrichtung oberflächennaher, emissionsbezogener Kleinmessstellen erforderlich.
  - Darüber hinaus empfehlen wir die kontinuierliche Messung der Wasserstände im Oberflächengewässer und im Grundwasser sowie eine Aktualisierung und Einbeziehung des vorhandenen Grundwassermodells.
  - chemisches Untersuchungsprogramm, vorrangig: Bor, Chlorid, Dikugulac, Arsen, Zink, HCH, Organozinnverbindungen, PFC, Chlorbenzole, Süßstoffe sowie Arzneimittel.
- Es sollte eine Klärung des naturwissenschaftlichen (Untersuchungen zur Mobilität) und rechtlichen Bewertungsrahmens (z.B. Definition von Schwellenwerten für den Grundwasserkörper), v.a. für die Stoffgruppen der PBDE, Organozinnverbindungen und Chlorbenzole, erfolgen (begleitend: Sowieso-Kosten F+E; Behörden).

Hilden, Juni 2021



Dr. Uwe Koenzen

Aachen, Juni 2021



Dipl.-Geol. Frank Müller