

STADT FRANKFURT AM MAIN

Oberflächengewässer in Frankfurt am Main 1996 – 2017

Bericht zur hygienischen Qualität



Stadt Frankfurt am Main

Oberflächengewässer in Frankfurt am Main 1996 – 2017

Bericht zur hygienischen Qualität

Impressum

Herausgeber:

Stadt Frankfurt am Main
Der Magistrat
Gesundheitsamt
Breite Gasse 28
60313 Frankfurt am Main

info.gesundheitsamt@stadt-frankfurt.de
www.gesundheitsamt.stadt-frankfurt.de

Autoren:

Prof. Dr. Ursel Heudorf
Dipl.-Ing. Elisabeth Götz

Bildnachweis:

Gesundheitsamt Frankfurt am Main, Fotolia

Druck:

Druckerei Lokay e.K., 64354 Reinheim

Erscheinungsdatum:

März 2018

Auflage

500

Copyright

© Stadt Frankfurt am Main, Gesundheitsamt, 2018

Nachdruck ist mit Quellenanzeige gestattet

ISBN 978-3-941782-25-9

Sehr geehrte Damen und Herren,

hiermit halten Sie einen weiteren Bericht des Gesundheitsamtes zur hygienischen Güte der Oberflächengewässer in Frankfurt am Main in Händen. Er fasst die Untersuchungsergebnisse des Amtes von 1996 bis 2017 zusammen.

Durch viele Regelungen und Maßnahmen der letzten Jahrzehnte konnte die biologische und damit die ökologische Güte der Oberflächengewässer in Deutschland und auch in Frankfurt verbessert werden, erkennbar an dem Vorkommen unterschiedlicher Fischarten, aber auch an der Artenvielfalt der Kleinstlebewesen sowie Algen, Plankton uvm. in den Gewässern. Dies zeigen z.B. die Berichte des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (www.hlnug.de).



Der vorliegende Bericht konzentriert sich – gemäß dem Auftrag eines Gesundheitsamtes – auf die hygienische Güte der Gewässer, insbesondere auf das Vorkommen von Bakterien, die Hinweise auf eine Verunreinigung mit Fäkalien zeigen, sog. „Fäkal-Indikatoren“. Einleitungen aus Kläranlagen, Abschwemmungen von landwirtschaftlichen Flächen und Regenüberläufe führen weiterhin zu so hohen Belastungen an Fäkal-Keimen, dass aus Gründen der Gesundheitsvorsorge die Bewässerung eingeschränkt werden muss oder das Schwimmen in den Gewässern leider auch weiterhin nicht erlaubt werden kann. Spaziergehen oder der Aufenthalt an den Gewässern bedeuten jedoch keine Gesundheitsgefahr.

Im vergangenen Jahr wurden die Gewässer auch erstmals auf das Vorkommen von Erregern mit besonderen Resistenzen gegen Antibiotika, sog. multiresistente Erreger (MRE) untersucht. MRE waren in allen Gewässern nachweisbar, auch in solchen ohne Kläranlageneinfluss. Hier wird ein Eintrag z.B. über Wildvögel diskutiert. In Gewässerabschnitten nach Kläranlagen wurden auch Antibiotika nachgewiesen. Diese Ergebnisse werden eingespeist in das HyReKa-Projekt, ein bundesweites Forschungsprojekt, das dabei helfen soll, künftig Risiken der Verbreitung von multiresistenten Erregern über Abwässer besser erkennen und vermeiden zu können. Außerdem soll dabei erforscht werden, welche technischen Lösungen - z. B. in der Abwasserbehandlung und Überwachung von medizinischen Einrichtungen sowie Tiermast- und Schlachtbetrieben - die gefährlichen Keime im Schach halten können.. Auf Grundlage der bisherigen Ergebnisse ist jedoch eine abschließende Bewertung leider noch nicht möglich.

Es kann aber auch schon jetzt sinnvoll gehandelt werden: je weniger Antibiotika eingesetzt werden – bei Mensch und Tier - desto weniger Antibiotika gelangen über das Abwasser in die Abwasserreinigungsanlagen und desto geringer ist der Resistenzdruck auf die Bakterien. Sie selbst, jede und jeder Einzelne kann also mithelfen, indem Antibiotika nur genommen werden, wenn es wirklich notwendig ist. Das MRE-Netz Rhein-Main hat hierzu gute Informationsmaterialien entwickelt (www.mre-rhein-main.de/wim.php und www.mre-rhein-main.de/wdr.php).

Und selbstverständlich können (und sollen) Sie weiterhin den Aufenthalt an unseren Gewässern genießen, an den Ufern Spazieren gehen, Fahrrad fahren oder sich einfach erholen. Als Gesundheitsdezernent möchte ich Sie dazu ermuntern, denn Aufenthalt im Grünen und an Gewässern fördert nachweislich die Gesundheit und das Wohlbefinden.

In diesem Sinne grüßt Sie herzlich

A handwritten signature in blue ink that reads "Stefan Majer".

Stadtrat Stefan Majer
Gesundheitsdezernent der Stadt Frankfurt am Main

Ein Wort vorab

Sehr geehrte Damen und Herren,

Die Pressemeldungen im Jahr 2017 zur Keimbelastung der Oberflächengewässer in Frankfurt am Main haben bei der Bevölkerung und bei Ortsbeiräten viel Besorgnis ausgelöst.

Festzuhalten ist: seit 30 Jahren untersucht und veröffentlicht das Gesundheitsamt die Ergebnisse seiner Oberflächengewässeruntersuchungen und weist auf die Belastung mit Erregern, insbesondere Fäkal-Indikatoren hin. Es erstellt Stellungnahmen zur Frage der Eignung der Gewässer zur Bewässerung, rät vom Schwimmen in den Gewässern ab und empfiehlt eine gute Hygiene – insbesondere Händehygiene, Händewaschen nach Kontakt mit den Oberflächengewässern und -schlamm.

Wir leben nicht in einer sterilen Welt. Wir selbst, jeder / jede Einzelne tragen Millionen von Keimen auf und in sich, auf der Haut oder im Darm. Dort machen die Erreger keine Probleme. Wichtig ist, dass die Erreger an den Orten des Körpers bleiben, wo sie hingehören und nicht z. B. über Wunden unter die Haut, ins Blut gelangen. Das gelingt bei guter Hygiene. Die alte Regel „Nach dem Klo und vor dem Essen Händewaschen nicht vergessen“ hat nichts an Gültigkeit verloren.

In den letzten Jahren ist durch die Entwicklung und Zunahme antibiotikaresistenter Erreger, sog. multi-resistenter Erreger (MRE) eine neue Situation eingetreten. Durch den vielfachen Einsatz von Antibiotika entsteht ein Druck auf die Erreger und sie werden widerstandsfähig (resistent) gegen Antibiotika. Das ist weiterhin kein Problem, solange diese MRE auf der Haut oder im Darm bleiben. Gelangen MRE aber z. B. in das Blut, sind viele, wenn nicht gar alle Antibiotika wirkungslos.

Die jetzt vorliegenden, neuen Befunde zu multiresistenten Erregern (MRE) in den Oberflächengewässern sind im Grunde genommen nicht unerwartet: wenn mehr Menschen MRE im Darm tragen, werden sie diese auch ausscheiden und diese werden in die Kläranlagen und von dort mit den anderen Fäkal-Indikatoren auch in die Oberflächengewässer gelangen. Dies bedingt aber keine grundsätzlich anderen Hygienemaßnahmen. Die oben genannten Hygienemaßnahmen sind weiterhin zu empfehlen.

Das Gesundheitsamt warnt seit Jahren vor der Zunahme der MRE, es hat die Gründung des MRE-Netz Rhein-Main angestoßen und führt viele Informationsveranstaltungen für Fachleute (Medizin und Pflege) durch und hat Angebote für die Bevölkerung, die potentiellen Patienten, entwickelt. Die Projekte „Weniger ist mehr – Antibiotika verantwortungsvoll einsetzen bei Atemwegsinfektionen“ sowie „Wenn, dann richtig – Antibiotika verantwortungsvoll einsetzen bei Harnwegsinfektionen“ sollen die Menschen informieren, dass bei den meisten Atemwegs- und Harnwegsinfektionen keine Antibiotika von Nöten sind, sondern Ruhe und bestimmte Hausmittel ausreichen (www.mre-rhein-main.de).

Die neuen Befunde MRE in den Oberflächengewässern unterstreichen die Notwendigkeit, dafür Sorge zu tragen, dass Antibiotika verantwortungsvoller und zurückhaltender eingesetzt werden, damit sich weniger MRE entwickeln. Es gibt zwei gute Botschaften: 1. Durch gute Hygiene können Infektionen und der häufig daraus folgende Bedarf an Antibiotika-Behandlungen vermieden werden. 2. Hygiene wirkt auch bei MRE. Es gibt also keinen Grund zur Panik, sondern viele gute Gründe für eine gute Hygiene.

In diesem Sinne legen wir den neuen Bericht vor – nicht ohne den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung zu danken, die - sei es durch Probenahmen, Datenbearbeitung, Texterstellung und Lay out den Bericht erst ermöglicht haben.



Prof. Dr. Ursel Heudorf

Inhaltsverzeichnis

Einleitung: Fachlicher und rechtlicher Hintergrund	1
Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen	3
Anforderungen an die Wasserqualität zur Bewässerung	4
Baden in Oberflächengewässern - Auswirkungen auf die Gesundheit.....	6
Anforderungen an die Wasserqualität für das Schwimmen und Baden	7
Rechtliche Grundlagen für die Aufgaben des Gesundheitsamtes	9
Untersuchung der Frankfurter Oberflächengewässer – Hygienische Gewässergüte	10
Vorstellung der Gewässer, der Probenahmestellen und Methoden	10
Abwasser-Reinigungs-Anlagen an Gewässern in und um Frankfurt.....	12
Probenahmetechnik.....	14
Untersuchungsparameter und Methoden	14
Ergebnisse im Überblick.....	15
Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen (Fließvolumina und Temperatur)	15
Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen im Hinblick auf Bewässerung	18
Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen im Hinblick auf Schwimmen	22
Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen im Überblick.....	24
Zusammenhangsanalysen.....	26
Einfluss der Abwasser-Reinigungs-Anlagen auf die hygienische Gewässergüte	27
Hygienische Gewässergüte im zeitlichen Trend.....	29
Ergebnisse der einzelnen Gewässer – hygienische Gewässergüte	30
Main.....	30
Nidda	34
Erlenbach	38
Eschbach.....	43
Urselbach	48
Sulzbach.....	53
Kalbach	56
Königsbach.....	59
Liederbach.....	62
Rebstockweiher.....	65
Westerbach	67
Multiresistente Erreger in Frankfurter Oberflächengewässern	69
Literaturverzeichnis	76
Abbildungsverzeichnis	82
Tabellenverzeichnis	84

Einleitung: Fachlicher und rechtlicher Hintergrund

Aufenthalt, Bewegung im Grünen, in der Natur fördert das Wohlbefinden und die Gesundheit [Lee et al., 2011; Haluza et al., 2014; Bell et al., 2014; Heudorf und Heldmann, 2008; Heudorf, 2008]. In der Natur, im Grünen verbrachte Freizeit kann nicht nur positive Auswirkungen auf Krankheiten und Mortalität haben, sondern auch auf die wahrgenommene allgemeine und mentale Gesundheit [Takano et al., 2002; Maas et al., 2006; Van den Berg et al., 2010; Mitchell und Popham, 2008; Maas et al., 2009; Beil und Hanes, 2013]. Bewegung in der Natur kann stressbedingte und lebensstil-assoziierte Krankheiten und Beschwerden, wie z. B. Burnout-Syndrom, Diabetes, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Übergewicht vermindern. Solche und ähnliche Effekte werden in vielen Untersuchungen gefunden, auch wenn nicht alle strengste wissenschaftliche Kriterien erfüllen. In einer im Jahr 2015 publizierten Übersichtsarbeit wurden über 700 Publikationen gesichtet, nur 28 von ihnen erfüllten die angelegten wissenschaftlichen Kriterien. Die Autoren sahen aber durchaus Hinweise (limited evidence) für einen Zusammenhang zwischen Grün im Lebensumfeld und geistiger Gesundheit bei Erwachsenen, nicht bei Kindern (inadequate evidence). Hauptursache für die eingeschränkte wissenschaftliche Belastbarkeit der Untersuchungen waren die letztendlich geringe Anzahl von gut angelegten, validen Untersuchungen und die große Heterogenität bei der Expositionsabschätzung, d. h. die Frage wer hält sich wie lange wann in der Natur auf [Gascon et al., 2015].

Aber nicht nur „green spaces“, sondern auch „blue spaces“, d. h. Gewässer haben einen positiven Effekt auf Wohlbefinden und Gesundheit. Wasser und Gewässer sind wichtige Landschaftselemente. In einer Übersichtsarbeit konnten positive Effekte von Aufenthalt an Gewässern (Meer, Flüsse oder Seen) auf das Wohlbefinden, Stimmung, Erholung gefunden werden [Völker und Kistemann, 2011 und 2013]. Leider sind auch die Untersuchungen zur Auswirkung von „Blau und Gesundheit“ in ihrer wissenschaftlichen Qualität teilweise angreifbar und die Ergebnisse nicht immer ganz eindeutig [Gascon et al., 2015; Triguero-Mas et al., 2015; White et al., 2013; DeVries et al., 2003], dennoch sollten diese sog. salutogenen (gesundheitsfördernden) Effekte von Grün und von Gewässern in der Stadtplanung viel mehr Berücksichtigung finden, um das Wohlbefinden und die Gesundheit der Bevölkerung zu stärken [Völker und Kistemann, 2011 und 2013; Lee et al., 2015].

Ein Blick an die Ufer von Main und Nidda zeigt, dass die Bevölkerung diese Grünflächen am Wasser gerne aufsucht, zum Spazieren, Fahrradfahren, zur Erholung allgemein.

Die Menschen wissen und spüren, dass dies ihnen guttut. Nicht zuletzt deshalb investiert die Stadt Frankfurt einiges, um den Aufenthalt an den Ufern seiner Gewässer für die Bevölkerung so angenehm wie möglich zu machen.



Fließgewässer werden in vielfältiger Weise genutzt und in Anspruch genommen, nicht nur zur Naherholung, sondern zum Teil auch zur Trinkwassergewinnung, Bewässerung, Schwimmen, Baden oder zur Fortbewegung. Hohe Hygienestandards und eine gute Wasserqualität sind daher Voraussetzung für die öffentliche Gesundheit. Um ein hohes Schutzniveau zu gewährleisten, ist am 22.12.2000 die Europäische Wasserrahmenrichtlinie in Kraft getreten, die erstmals europaweit einheitliche, vergleichbare und verbindliche Vorgaben für den Zustand aller Gewässer macht. Hier ist in Artikel 4 als verbindliches Umweltziel für oberirdische Gewässer festgelegt, dass in 15 Jahren ein guter ökologischer und chemischer Zustand zu erreichen ist [Europäische Wasserrahmenrichtlinie, 2000].

Neben dem ökologischen und chemischen Zustand ist für die Nutzung eines Gewässers durch den Menschen vor allem die hygienische Qualität von Belang. Im Wesentlichen beruht die hygienische Qualität eines Flusses oder Baches auf der Belastung des Gewässers mit Krankheitserregern (Viren, Bakterien und Parasiten), die über menschliche und tierische Fäzes ausgeschieden werden. Eingebracht werden diese Keime z. B. durch Kläranlagen aber auch durch Abspülungen nach Regenfällen oder durch andere landwirtschaftliche Einflüsse.

In Deutschland umfasst die standardmäßige Überwachung in Kläranlagen nicht die mikrobielle Untersuchung des behandelten Abwassers. Informationen zum Vorkommen von Keimen finden sich aber in verschiedenen Studien, deren Ergebnisse insgesamt zeigen, dass das Vorkommen humanpathogener Krankheitserreger im Abwasser stark vom Gesundheitszustand der Bevölkerung abhängt. So zeigen beispielweise Noroviren starke jahreszeitliche Schwankungen, die bei Rota- oder Adenoviren weitaus geringer ausfallen [UBA, 2016]. Bakterien können in konventionellen biologischen Kläranlagen zwar um 2 – 3 log-Stufen reduziert, jedoch nicht vollständig aus dem Abwasser entfernt werden. In der Regel wird Abwasser in Kläranlagen in Deutschland bislang nicht standardmäßig desinfiziert. So erklärt sich, dass trotz moderner Klärtechnik die Keime nicht vollständig aus dem Abwasser entfernt werden und deshalb auch bei einem allgemein guten ökologisch-chemischen Zustand eines Gewässers zu Infektionsgefährdungen beim Menschen beitragen können. Die beiden Fragen,

- Kann ich mit dem Wasser aus Frankfurter Fließgewässern und dem Rebstockweiher Sport- und Spielplätze befeuchten und Parkanlagen, Obst und Gemüse bewässern?
- Kann ich in Main und Nidda baden?

fürten zu Beginn der 1980er Jahre das Gesundheitsamt Frankfurt zu anlassbezogenen, seit 1987 zu regelmäßigen Untersuchungen der Frankfurter Fließgewässer und des Rebstockweihers. Die Untersuchungen erfolgen in jedem Jahr (außer 2003/2004) quartalsmäßig und umfassen mikrobiologische sowie chemische und physikalisch-chemische Parameter.

Der vorliegende 5. Bericht zur hygienischen Qualität der Frankfurter Oberflächengewässer dokumentiert den Trend der hygienischen Güte dieser Gewässer über einen Zeitraum von inzwischen 30 Jahren. Nach der Vorstellung von Publikationen zur Frage gesundheitlicher Effekte von kontaminiertem Bewässerungswasser oder fäkalbelastetem Schwimm- und Badewasser werden die entsprechenden rechtlichen Vorgaben (DIN 19650 und EU Badegewässer-Richtlinie) dargestellt. Danach werden Methoden und die Ergebnisse der Untersuchungen mit Fokus auf mikrobiologische Befunde dargestellt. Dies geschieht zunächst für alle Oberflächengewässer gemeinsam im Trend, danach erfolgt die genauere Darstellung der hygienischen Güte der einzelnen untersuchten Gewässer über die letzten 30 Jahre. Erstmals wird auch auf die Frage antibiotikaresistenter Erreger (MRE) eingegangen.

Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen

In Deutschland werden mehr als 550.000 ha landwirtschaftliche Nutzfläche bewässert. Die Tendenz ist steigend. Die Wasserentnahme für Bewässerungsmaßnahmen erfolgt länderspezifisch aus Grund- oder Oberflächenwasser. In Hessen wird das Bewässerungswasser zu 80 bis 90 % aus Grundwasservorkommen, dagegen in Thüringen, Sachsen und Mecklenburg zum analogen Anteil aus Oberflächen-gewässern (Speicher, Seen und Fließgewässer) verwendet. Das Grundwasser wird durch den Gesetzgeber unter besonderen Schutz gestellt und verfügt in der Regel über eine gute bis sehr gute Qualität. Wasser aus den stehenden Gewässern (Stauanlagen, Kiesgruben, Teiche) besitzt meist eine ausreichende Qualität für die Bewässerung von Gemüse, Obst, landwirtschaftliche Fruchtarten und Sonderkulturen. Im Vergleich dazu enthalten die Fließgewässer oft große Verunreinigungen und erfüllen insbesondere die bakteriologischen Güteanforderungen meist nicht.

Bereits heute und zunehmend unter Berücksichtigung der klimatischen Veränderungen werden Bewässerungsmaßnahmen für einige Fruchtarten unentbehrlich und zu einem festen Bestandteil des Anbauverfahrens. Das Wasser als Wachstumsfaktor, einschließlich des Zusatzwassereinsatzes, dient nicht nur zur Stabilisierung der Erträge auf einem hohen wirtschaftlichen Niveau, sondern auch der Qualitätssicherung der berechnungswürdigen Fruchtarten für eine markt- und umweltgerechte Produktion. Insbesondere bei der Bewässerung von frischen Gemüse- und Obstkulturen sind hohe hygienische Anforderungen an das verwendete Wasser zu erfüllen, um eventuelle Gesundheitsschäden zu vermeiden. Die hygienische Qualität der Lebensmittel, insbesondere die zum Rohverzehr vorgesehenen frischen Lebensmittel ist von großer Bedeutung. Eine Bewässerungsmaßnahme mit verschmutztem Wasser kann unter Umständen zu Kontaminationen der Pflanzen mit pathogenen Mikroorganismen und damit zu Erkrankungen bei den Menschen führen, die diese Lebensmittel verzehren [Markland et al., 2017].

In den USA besteht schon seit vielen Jahrzehnten ein System zur Erfassung lebensmittelbedingter Erkrankungen [Jones und Yackley, 2018], während dies in Europa erst seit wenigen Jahren geschieht [Schlinkman et al., 2017]. Regelmäßig werden in den USA aktuelle Berichte hierzu veröffentlicht. Zur Epidemiologie von lebensmittelbedingten Infektionen, die möglicherweise durch Kontamination des Beregnungswassers verursacht werden, wurden dort zwischen 1993 und 1997 insgesamt 2751 Ausbrüche mit 86.058 Infizierten registriert. Die genauere Analyse zeigte, dass 2,4 % (1,4-3,0 %) der Ausbrüche und 14,4 % der Infektionen (6-24 % in den unterschiedlichen Jahren) durch Obst und Gemüse verursacht und weitere 3,5 % der Ausbrüche sowie 5,3 % der Fälle mit dem Genuss von Salat in Verbindung gebracht wurden [Olsen et al., 2000]. Es kann angenommen werden, dass diese Infektionen in einem nicht unerheblichen Anteil durch kontaminierte Roh-Lebensmittel hervorgerufen wurden (ein weiterer Teil der Lebensmittel/Speisen könnte während der Verarbeitungsschritte kontaminiert worden sein).

Eine mögliche Belastungsquelle roher Lebensmittel ist verunreinigtes Bewässerungswasser. Umfangreiche Tests in den USA und Zentralamerika zeigten, dass 28 % der untersuchten Wasserproben mit Mikrosporidien, 60 % mit *Giardia lamblia*-Zysten und 36 % mit Oozysten von *Cryptosporidien* verunreinigt waren [Thurston-Enriquez et al., 2002]. In entsprechenden Rohwässern aus Norwegen lag die Rate positiver Parasitenbefunde mit 25 % ebenfalls recht hoch. Auch auf 6 % der untersuchten Gemüseproben in Norwegen (Kopfsalat und Bohnen etc.) wurden Parasiten gefunden.

In den USA wurden verschiedene Ausbrüche lebensmittelbedingter EHEC(VTEC)-Infektionen mit dem Genuss kontaminierten Kopfsalats in Zusammenhang gebracht und in verschiedenen Laboruntersuchungen konnte bewiesen werden, dass mit dem Bewässerungswasser aufgebraachte EHEC über die Wurzeln der Pflanzen in den Kopfsalat aufgenommen werden können [Wachtel et al., 2002].

In England konnte im Jahr 2015 ein Ausbruch mit Shigatoxin produzierenden *Escherichia coli*-Bakterien, verursacht durch abgepackten Salat, darauf zurückgeführt werden, dass der Salat offenbar mit Wasser aus einem Oberflächengewässer bewässert worden war, das durch die Fäzes einer Schafherde belastet worden war (identische Bakterienstämme) [Mikhail et al., 2017].

Bei einer Untersuchung auf fünf Farmbetrieben in Portugal waren *Escherichia coli* in 50 % (von 210) Wasserproben und in 38 % (von 239) Gemüseproben nachweisbar, darunter auch Durchfall auslösende Stämme. 12 % der Stämme aus dem Wasser und 21 % aus Gemüse wiesen sogar besondere Resistenzen gegen Antibiotika auf [Araujo et al., 2017].

Probleme mit antibiotikaresistenten Bakterien in Bewässerungswasser wurden auch in Chile beschrieben. Multiresistente *Salmonella*-Stämme wurden in Bewässerungswasser gefunden – genetisch identische Stämme wie bei Erkrankten in der Bevölkerung [Martinez et al., 2017].

Der größte Teil lebensmittelbedingter Ausbrüche wird aber durch Viren verursacht. In Spanien wurde Petersilie in einer Studie unter kontrollierten Bedingungen mit kontaminiertem Oberflächenwasser bewässert. Es zeigte sich, dass Viren in der Mehrzahl der Gewässerproben, aber auch auf den Petersilienpflanzen nachweisbar waren, darunter auch Viren, die Krankheiten beim Menschen auslösen können, wie z. B. Adeno-, Reo-, Picorna- und Astroviren oder auch Hepatitis E-Viren und Noroviren [Fernandez-Cassi et al., 2017].

Diese Beobachtungen unterstreichen die Bedeutung einer guten hygienischen Qualität des Bewässerungswassers für die Lebensmittelproduktion.

Anforderungen an die Wasserqualität zur Bewässerung

In Deutschland liegen für die Bewertung der Beregnungswasserqualität erst seit 1999 bundeseinheitliche Richtlinien und Kriterien vor, die DIN 19650 (vgl. Tabelle 1). Darin sind die hygienisch-mikrobiologischen Anforderungen in vier Eignungsklassen (EK) festgelegt, zur Anwendung von Bewässerungswasser für Gewächshaus- und Freilandkulturen sowie für öffentliche Parkanlagen und Schul- und sonstige Sportplätze.

Ziel ist es, eine Gefährdung der Gesundheit von Mensch und Tier, der mit dem Bewässerungswasser in Kontakt gekommenen Ernteprodukte sowie des Grundwassers, besonders in Trinkwasserschutzgebieten, auszuschließen. Die Einordnung der Wasserqualität unter mikrobiologischen Gesichtspunkten erfolgt in vier Eignungsklassen auf der Grundlage der Parameter Fäkal-Streptokokken / Intestinale Enterokokken (F.S.), *Escherichia coli* (*E. coli*), Salmonellen und den infektiösen Stadien von Mensch- und Haustierparasiten. Für diese Parameter sind je nach Bewässerungsart, -praxis und zu bewässernder Kultur unterschiedliche Grenzwerte definiert.

Neben den bakteriellen Indikatorkeimen enthält behandeltes Abwasser noch eine Reihe von Krankheitserregern, die bei der Bewässerung ein Gesundheitsrisiko darstellen können (s. o.). Die mikrobielle Belastung von Abwasser nimmt zwar in den verschiedenen Prozessschritten einer konventionellen Abwasserbehandlung deutlich ab, die Eignungsklassen 1, 2 und 3 werden jedoch nicht erreicht. Sollten entsprechende Produkte oder Bereiche beregnet werden, sind folglich weitere Schritte zur Desinfektion nötig.

Tabelle 1: DIN 19650 Hygienisch-mikrobiologische Klassifizierung von Bewässerungswasser (1)

Eignungs-Klasse	Anwendung	Fäkal-Streptokokken-Koloniezahl/ 100 ml (nach TrinkwV [51] bzw. Badegewässer-richtlinie ¹⁾)	E. coli-Koloniezahl/ 100 ml (nach TrinkwV [51] bzw. Badegewässer-richtlinie ¹⁾)	Salmonellen/ 1000 ml (nach DIN 38414-13)	Potentiell infektiöse Stadien von Mensch- und Haustierparasiten ²⁾ in 1000 ml
1 (Trinkwas.)	-alle Gewächshaus- und Freilandkulturen ohne Einschränkung	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
2 ³⁾	-Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr -Schulsportplätze, öffentliche Parkanlagen	< 100 ⁴⁾	< 200 ⁴⁾	Nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
3 ³⁾	-nicht zum Verzehr bestimmte Gewächshauskulturen -Freilandkulturen für den Rohverzehr bis Fruchtansatz bzw. Gemüse bis zwei Wochen vor der Ernte -Obst und Gemüse zur Konservierung -Grünland bzw. Grünfütterpflanzen bis zwei Wochen vor dem Schnitt oder der Beweidung -alle anderen Freilandkulturen ohne Einschränkung -sonstige Sportplätze ⁵⁾	< 400	< 2000	Nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
4 ^{3,5)}	-Wein- und Obstkulturen zum Frostschutz -Forstkulturen, Polterplätze und Feuchtbiotope -Zuckerrüben, Stärkekartoffeln, Ölfrüchte und Nichtnahrungspflanzen zur industriellen Verarbeitung und Saatgut bis zwei Wochen vor der Ernte -Getreide bis zur Milchreife (nicht zum Rohverzehr) -Futter zur Konservierung bis zwei Wochen vor der Ernte	Abwasser, das mindestens eine biologische Reinigungsstufe durchlaufen hat			-für Darm-Nematoden keine Standardempfehlung möglich -Für Stadien von Taenia: nicht nachweisbar
<p>¹⁾ Mikrobiologische Untersuchungen nach den für Badegewässer üblichen Verfahren; z. B. [9] ²⁾ Soweit dies für die Sicherung der Gesundheit von Mensch und Tier erforderlich ist, kann eine Untersuchung des vorgesehenen Bewässerungswassers auf Darm-Nematoden (Ascaris- und Trichuris-Arten sowie Hakenwürmer) und/oder Bandwurm-Lebensstadien (insbesondere Taenia) nach WHO-Empfehlung [1] angeordnet werden. ³⁾ Wenn durch das Bewässerungsverfahren eine Benetzung der zum Verzehr geeigneten Teile der Ernteprodukte ausgeschlossen ist, entfällt eine Einschränkung nach hygienisch-mikrobiologischen Eignungsklassen. ⁴⁾ Richtwert, der analog der TrinkwV § 2 Abs. 3 [3] so weit unterschritten werden sollte, wie dies nach dem Stand der Technik mit vertretbarem Aufwand unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalles möglich ist". Zur Verbesserung der Wasserqualität siehe 5.4. ⁵⁾ Bei der Beregnung muss durch Schutzmaßnahmen sichergestellt werden, dass Personal und Öffentlichkeit keinen Schaden nehmen.</p>					

Baden in Oberflächengewässern - Auswirkungen auf die Gesundheit

Baden in Oberflächengewässern

Leider liegen hierzulande nur wenige Publikationen über badewasserbedingte Ausbrüche vor; u. a. ein Bericht über mehrere Infektionsserien im Bereich Berlin 1991/2 und ein Ausbruch an Shigelleninfektionen durch Baden in einem See im Regierungsbezirk Leipzig [Fellmann et al., 1993]. Im Jahr 2002 wurde über einen Meningitisausbruch durch ECHO-Virus 30 im Zusammenhang mit dem Besuch eines Kleinbadeteiches (Naturbadeteich) in Nordhessen berichtet [Letz et al., 2002].

Demgegenüber werden solche Erkrankungen in England und den USA seit langem systematisch erfasst [NN, 2002; Hlavsa et al., 2014, 2015; McClung et al., 2017]. So wurden in den USA zwischen 1971 und 1998 insgesamt 171 Ausbrüche badewasser-bedingter Infektionen dokumentiert, die Hälfte davon wurden in Oberflächengewässern (Seen, Flüsse, Küstenwässern) erworben. Im Jahre 1997/8 wurden durch Baden in Badegewässern insgesamt acht Ausbrüche gemeldet, zwei davon durch EHEC, zwei durch Norwalkviren und einer durch Cryptosporidien verursacht. 1993/4 wurden ebenfalls acht solcher Ausbrüche mit ca. 1000 Erkrankten gemeldet, wobei die meisten Infektionen durch Shigellen (3 Ausbrüche, 437 Infizierte) und Cryptosporidien (1 Ausbruch, 418 Infizierte) zu verzeichnen waren. In den Jahren 2009 bis 2014 wurden aus den USA 186 Ausbrüche badewasserbedingter Ausbrüche mit über 3.400 Erkrankten, 265 Krankenhausaufenthalten und 17 Todesfällen berichtet. Während ca. 60 % der Ausbrüche in behandeltem, also gechlortem Badewasser stattfanden, häufig verursacht durch Cryptosporidien, teilweise aber auch Legionellen, traten ca. ein Drittel der Ausbrüche in „Freizeitgewässern“ auf, wobei hier oft über Cyanobakterien, aber auch E. coli berichtet wurde.

Ein Übersichtsartikel aus 2015 zeigte auf Basis vieler epidemiologischer Untersuchungen, die zwischen 2010 und 2014 erschienen waren, dass zwar durchaus Menschen, die in offenen Gewässern schwimmen, ein erhöhtes Risiko für Magen-Darm-Erkrankungen aufweisen, jedoch konnten nicht immer klare Zusammenhänge mit der Höhe der Keimbelastung des Gewässers gefunden werden [Fewtrell und Kay, 2015]. Damit wurden frühere Publikationen bestätigt [Prüss, 1998]. Eine Kanadische Studie zeigte, dass Kinder unter fünf Jahren, die relativ mehr Wasser beim Schwimmen verschlucken als Erwachsene, und insbesondere nicht gegen Rotaviren geimpfte Kinder ein besonders hohes Risiko für eine akute Magen-Darm-Entzündung haben [Sanborn und Takaro, 2013].

2017 wurde eine Übersicht über badewasserbedingte Ausbrüche mit Parasiten publiziert. Zwischen 2011 und 2016 wurden 381 Ausbrüche mit Parasiten berichtet, die Hälfte davon aus Neuseeland, 41 % aus Nordamerika und 9 % aus Europa. Zwei Drittel der Infektionen wurden durch Cryptosporidien und ein Drittel durch Giardia lamblia verursacht [Efstratiou et al., 2017].

Neben Magen-Darm-Infektionen wurden auch Hautinfektionen und insbesondere Atemwegsinfektionen nach dem Schwimmen beschrieben [Perkins und Trimmier, 2017; Mannocci et al., 2016]. In einer Meta-Analyse von 14 unabhängigen Studien mit mehr als 50117 Patienten hatten Patienten, die in Oberflächengewässern schwammen, ein 60 % höheres Risiko, an Atemwegsinfektionen zu erkranken als Menschen, die nicht schwammen [Mannocci et al., 2016].

In einer Studie in England (Küstengewässer) traten bereits bei 32 Fäkal-Streptokokken/100 ml erhöhte Infektionsraten bei den Badenden auf; Infektionsauslöser waren dabei nicht die als Indikatoren

gemessenen Fäkal-Streptokokken selbst, sondern andere, mit ihnen assoziiert auftretende Keime [Kay et al., 1994].

Nach sog. Starkregenereignissen verschlechtert sich die mikrobiologische Güte von Oberflächengewässern – mit der Folge eines höheren Risikos für die Badenden [Marsalek und Rochfort, 2004; Eregno et al., 2016].

Man geht allgemein davon aus, dass jeder Badende ca. 50 ml des ihn umgebenden Badewassers schluckt. Speziell beim Leistungsschwimmen werden jedoch unzweifelhaft noch größere Wassermengen verschluckt und als Aerosol von den Athleten eingeatmet, was das potenzielle Infektionsrisiko erhöht. Zur Frage der Infektionsgefährdung von Triathleten beim Schwimmen in Oberflächengewässern liegen verschiedene Untersuchungen aus den letzten Jahren vor. Bei 0,4-5,2 % von 827 Triathleten (aus sieben Veranstaltungen swim-bike-run) waren nach der Teilnahme am Schwimmwettbewerb Magen-Darm-Erkrankungen aufgetreten. Bei 773 Triathleten, die nicht schwammen (run-bike-run), lag diese Rate bei nur 0,1-2,1 %. Eine deutliche Steigerung der Erkrankungshäufigkeit war beim Schwimmen in Wässern zu beobachten, deren Konzentration an coliformen Keimen den Wert von $\geq 200\text{KBE}/100\text{ ml}$ oder deren Konzentration an *Escherichia coli* $335\text{ KBE}/100\text{ ml}$ betrug [van Asperen et al., 1998]. Diese Konzentrationen werden im Main regelmäßig bei weitem überschritten. In einer weiteren Untersuchung mit 629 Triathleten [Gruteke et al., 2001], die im Rhein in den Niederlanden schwammen, berichteten 140 der Teilnehmer (32 %) über eine leichte Durchfallerkrankung, 28 Teilnehmer (6,4 %) klagten über eine schwere Durchfallerkrankung. Bei Triathleten in Illinois, deren Schwimm-Wettkampf in einem See stattfand, traten akute hochfieberhafte Infekte auf [Guarner et al., 2001]. Von den 876 Teilnehmern begaben sich 120 (14 %) anschließend in ärztliche Behandlung, 22 Teilnehmer (2,5 %) mussten in ein Krankenhaus eingewiesen werden, zwei Patienten davon wurde die Gallenblase entfernt. Als verursachende Keime wurden bei diesem Ausbruch Leptospiren identifiziert. Vor diesem Hintergrund hat das Gesundheitsamt in den letzten Jahren stets abgelehnt, Triathleten im Main schwimmen zu lassen.

Neuerdings wird auch dem Thema multiresistente Erreger Aufmerksamkeit zuteil.

Anforderungen an die Wasserqualität für das Schwimmen und Baden

Nach EU-Badegewässer-Richtlinie [EG: Richtlinie 2006/7/EG] muss nicht nur die Wasserqualität stimmen, es muss eine entsprechende Infrastruktur vorhanden sein und das Gewässer muss eine vergleichsweise große Zahl von Besuchern erwarten lassen. Erfüllt ein Gewässer diese Punkte, wird es vom Gesundheitsamt an die EU gemeldet. Als anerkanntes EU-Badegewässer unterliegt es dann der Badegewässerverordnung, die bestimmte Anforderungen an die Überwachung, Einstufung, an Bewirtschaftungsmaßnahmen und die Information der Öffentlichkeit stellt. Deshalb werden z. B. Badeseen während der Badesaison in regelmäßigen Abständen durch die Gesundheitsämter unter anderem auf mikrobielle Verunreinigungen untersucht. In Hessen gibt es derzeit 61 offene EU-Badegewässer mit 65 Badestellen, weitere Informationen hierzu finden Sie auf der Badegewässer-Homepage des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie. In Frankfurt gibt es keine gemäß Badegewässerrichtlinie zugelassene Badestelle.

Grundsätzlich fällt das Baden in natürlich fließenden Gewässern nach dem Hessischen Wassergesetz von 2010 unter den Gemeingebrauch, soweit es nicht wegen anderen Nutzungen (u.a. Schifffahrt)

oder aufgrund besonderer Gefahren (u.a. durch Strömungen) im Einzelfall verboten ist. Neben den Gefahren durch die Schifffahrt (Main) und die teilweise starke Strömung ist in Flüssen und Bächen regelmäßig mit Belastungen durch Keime zu rechnen, da die Kläranlagen ihre Abläufe direkt in die Fließgewässer einleiten. Diese Abläufe sind zwar sehr viel sauberer als früher, aber nicht keimfrei. Da die vorhandene Abwasserinfrastruktur ungewöhnlich hohe Wassermassen nicht aufnehmen kann, werden zudem bei Starkregen über die Entlastungsanlagen aus der Mischkanalisation nur mechanisch gereinigte Abwässer in die Fließgewässer eingeleitet. Auch von landwirtschaftlichen Flächen und Spazierwegen kann durch Regen Tierkot in die Fließgewässer eingeschwemmt werden. Baden in Flüssen und Seen kann deshalb mit Risiken für die Gesundheit verbunden sein. Ein weiteres Problem resultiert aus der überhöhten Einleitung von Nährstoffen (wie Phosphor- und Stickstoffverbindungen), die zu einer Massenentwicklung von Cyanobakterien führen können. Diese auch Blaualgen genannten Bakterien bilden Algtoxine und Allergene, die akute Gesundheitsstörungen wie Bindehautentzündung und Hautausschlag auslösen oder die Leber schädigen können.

In Deutschland wird die hygienische Qualität von Badegewässern nach den Vorgaben der Badegewässerrichtlinie überwacht. [EG: Richtlinie 2006/7/EG]. Die EU-Badegewässerrichtlinie wurde mit der hessischen Badegewässerverordnung (VO-BGW, vom 21. Juli 2008) in Landesrecht umgesetzt. Danach werden zum Schutz der Badenden vor Infektionskrankheiten zwei mikrobiologische Parameter als Indikatoren für Krankheitserreger regelmäßig untersucht: zum einen Bakterien der Art „Escherichia coli“ (E. coli) und zum anderen die Gruppe der „Intestinalen Enterokokken“ (IE). Diese „Darm-Bakterien“ gelangen mit fäkalbelasteten Abwässern in die Gewässer und zeigen dort an, dass diese hygienisch (fäkal) belastet sind. Badegewässer dürfen für eine ausreichende Qualität eine Maximalkonzentration dieser Bakterien nicht überschreiten (Tabelle 2). Eine kritische Diskussion der Leit- und Grenzwerte findet sich bei Wiedenmann, 2007.

Tabelle 2: Bewertungsgrundlage Badegewässer gemäß EU Richtlinie 2006/7

Parameter der Richtlinie 2006/7/EG	Leitwert	Zwingender Wert darf nicht überschritten werden
Intestinale Enterokokken	100 (KBE/100 ml)	-
Escherichia coli, E. coli (Fäkal-Coliforme Keime)	100 (KBE/100 ml)	2000 (KBE/100 ml)

Nach der Badegewässerrichtlinie müssen die Gewässer 14-tägig während der Badesaison beprobt werden; die Bewertung des Gewässers insgesamt fußt damit auf vielen Werten aus einer Saison. Da die von uns untersuchten Gewässer keine Badegewässer sind und nur 4x/Jahr beprobt werden, erfolgt unsere Bewertung auf Grundlage der Befunde der vorangegangenen Jahre (analog der Übergangsregelung der Richtlinie).

Rechtliche Grundlagen für die Aufgaben des Gesundheitsamtes

Gesundheitsämter haben nach dem Hessischen Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst (HGöGD) [HGöGD, 2007] folgende Aufgaben in Bezug auf § 8 umweltbezogenen Gesundheitsschutz:

§ 8 Abs. 1 HGöGD „Den Gesundheitsämtern obliegen die Beobachtung und Bewertung von Einwirkungen aus der Umwelt auf die menschliche Gesundheit. Die Gesundheitsämter informieren und beraten die Bevölkerung und Behörden in Fragen des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes.“

Beispielsweise sind hier die häufig an das Gesundheitsamt gestellten Fragen bezüglich Baden in Oberflächengewässern bei sportlichen Veranstaltungen oder Anfragen von Kindergärten und Schulen zum Planschen oder zu Projekten an und mit Oberflächengewässern zu nennen, ebenso wie Fragen der Eignung der Gewässer zur Bewässerung in Parks, auf Grünflächen oder im Rahmen von Kunstobjekten.

§ 8 Abs. 2 HGöGD „Bei Planungsvorhaben, Genehmigungsverfahren, Baumaßnahmen und sonstigen Maßnahmen, die gesundheitliche Belange der Bevölkerung wesentlich berühren, nehmen die Gesundheitsämter zu den Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit Stellung.“

Hier können im Rahmen von Anträgen nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz Hinweise zur Eignung der Wässer für unterschiedliche Zwecke (Beregnung zur Staubbindung) an die genehmigende Behörde gegeben werden.

Bis Ende 2012 waren hier auch die Stellungnahmen des Gesundheitsamtes für das Regierungspräsidium Darmstadt bei der „Erteilung der wasserrechtlichen Entnahmeerlaubnis aus oberirdischen Gewässern zur Beregnung/Bewässerung von Erzeugnissen pflanzlichen Ursprungs, die zur Lebensmittelgewinnung bestimmt sind“ zu nennen. Mit dem Erlass vom 21.11.2012 des Hess. Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (III3-79a 14.01-2012) ist in die Erlaubnis seitens des Regierungspräsidiums folgender Hinweis aufzunehmen: *„Werden Erzeugnisse pflanzlichen Ursprungs, die zur Lebensmittelgewinnung bestimmt sind bewässert, obliegt es der jeweiligen Landwirtin oder dem jeweiligen Landwirt sicherzustellen, dass das Wasser und die Art und Weise der Bewässerung zu keiner nachteiligen Beeinflussung der erzeugten Lebensmittel führt. Auf die der Landwirtin obliegende Zuständigkeit und Sorgfaltsverpflichtung gemäß dem Artikel 17 Abs. 1 der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit und die Einhaltung der guten landwirtschaftlichen Praxis wird verwiesen.“*...*„Soweit der Hinweis mangels Erlaubnisverfahrens keinen Eingang in eine Erlaubnis findet, sind die Gewässerbenutzer im Hinblick auf die Beachtung lebensmittelhygienischer Anforderungen bei der Nutzung der Gewässer zur landwirtschaftlichen/gärtnerischen Bewässerung/Beregnung auch selbst verantwortlich.“*

Eine Beteiligung des Gesundheitsamtes erfolgt somit nicht mehr. Die Verantwortung obliegt jetzt dem Gewässerbenutzer. Eine Beratung der Landwirte wäre auf der Grundlage unserer langjährigen Untersuchungen möglich, wurde aber in den letzten fünf Jahren seitens der Gewässerbenutzer in keinem Fall in Anspruch genommen.

Untersuchung der Frankfurter Oberflächengewässer – Hygienische Gewässergüte

Vorstellung der Gewässer, der Probenahmestellen und Methoden

Stichprobenartige hygienische Gewässeruntersuchungen durch das Gesundheitsamt fanden in den Jahren 1982 bis 1985 statt. Seit 1986 wurden die in Tabelle 3 und auf der Abbildung 1 aufgeführten Oberflächengewässer regelmäßig untersucht. Die Proben wurden als Beitrag zur Haushaltskonsolidierung in den Jahren 2003 und 2004 ausgesetzt und ab 2005 wieder fortgeführt. Die Pflanzenschutzmittel werden seit 2010 nicht mehr analysiert. In den Jahren 1990, 1996, 2002 und 2008 hat das Gesundheitsamt zusammenfassende Bewertungen der bis dahin vorliegenden Befunde veröffentlicht und zur Grundlage seiner amtlichen Stellungnahmen und Empfehlungen gemacht [Stadtgesundheitsamt, 1990, 1996, 2002, 2009].

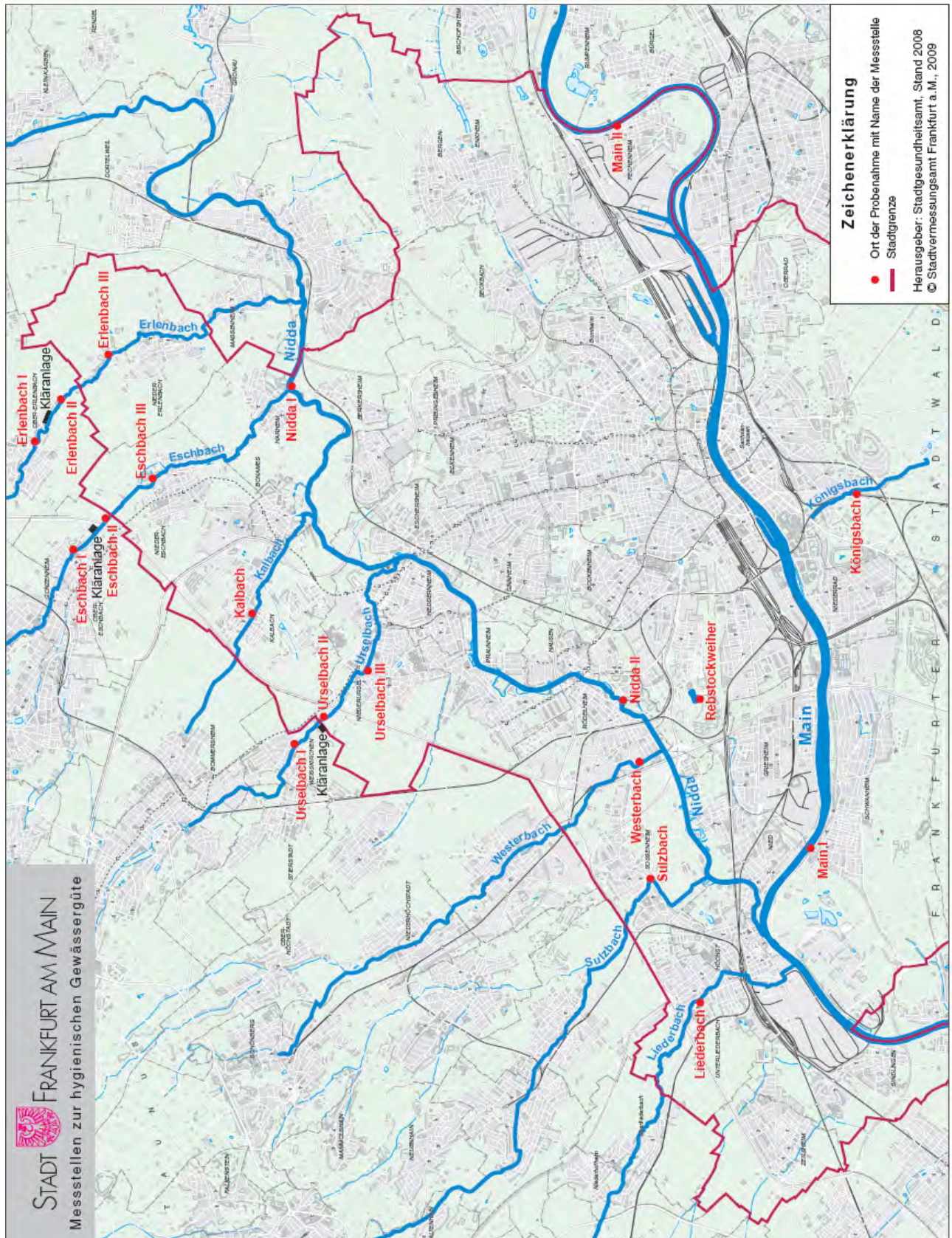
Main und Nidda werden beim Eintritt und beim Verlassen der Frankfurter Gemarkung beprobt. Erlenbach, Eschbach und Urselbach, deren Gewässerqualität durch Abwasser-Reinigungs-Anlagen wesentlich beeinflusst wird, werden jeweils kurz vor dem Kläranlageneinlauf, kurz nach dem Kläranlageneinlauf sowie 1000 m nach dem Kläranlageneinlauf beprobt. Kalbach, Westerbach, Sulzbach, Liederbach und Königsbach werden an einer für die Ortslage typischen Stelle beprobt. Der Rebstockweiher wird an einer festgelegten Uferstelle beprobt, der Steinbach ist auf Grund seiner Verrohrung im Bereich der Ortslage Praunheim nicht zu beproben.

Tabelle 3: Gewässer und Probenahmestellen-Bezeichnung

Gewässer	Entnahmebezeichnung	Entnahmestelle	UTM Koordinaten [m] Rechtswert	UTM Koordinaten [m] Hochwert
Main	Main-1	bei Fechenheim	32U483566	5552584
	Main-2	bei Höchst, ab 2013 Fähranleger Schwanheim	32U467901	5549605
Nidda	Nidda-1	bei Harheim	32U478452	5558806
	Nidda-2	bei Rödelheim	32U472395	5552476
Erlenbach	Erlenbach-1	direkt vor der ARA Ober-Erlenbach	32U477427	5563601
	Erlenbach-2	direkt nach der ARA Ober-Erlenbach	32U478391	5562979
	Erlenbach-3	Ortslage Nieder-Erlenbach	32U479039	5562259
Eschbach	Eschbach-1	direkt vor der ARA Nieder-Eschbach	32U475247	5562983
	Eschbach-2	direkt nach der ARA Nieder-Eschbach	32U475861	5562344
	Eschbach-3	Ortslage Harheim	32U476667	5561410
Urselbach	Urselbach-1	direkt vor der ARA Weißkirchen, ab 2013 an der Untermühle	32U471532	5558692
	Urselbach-2	direkt nach der ARA Weißkirchen	32U472031	5558216
	Urselbach-3	Ortslage Niederursel, ab 2013 am Faulbrunnen	32U473599	5557179
Kalbach	Kalbach	Kalbach-Stadtpark	32U474104	5559475
Königsbach	Königsbach	Straßenbahnhaltestelle „Louisa“, ab 2013 Ziegelhüttenweg	32U476502	5548034
Liederbach	Liederbach	Park Unterliederbach	32U466647	5550963
Rebstockweiher	Rebstockweiher	Rebstock-Park	32U472607	5551182
Sulzbach	Sulzbach	unterhalb Ortslage Sulzbach	32U468960	5551909
Westerbach	Westerbach	Rödelheim, Nähe Niddamündung	32U471149	5552231

ARA: Abwasserreinigungsanlage

Abbildung 1: Messstellen der Frankfurter Oberflächengewässer

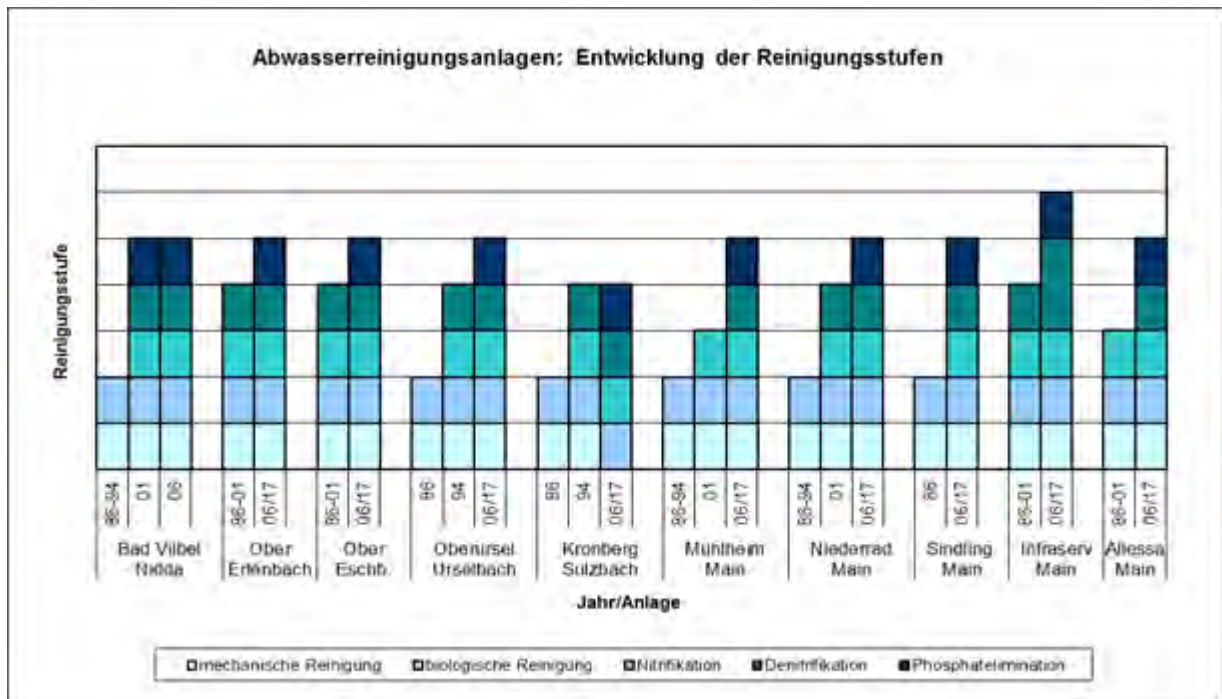


Abwasser-Reinigungs-Anlagen an Gewässern in und um Frankfurt

An den meisten der beprobten Gewässer – Main, Nidda, Erlenbach, Eschbach, Urselbach und Sulzbach – liegen Abwasser-Reinigungs-Anlagen (ARA's). Die Anzahl und Größe der industriellen und kommunalen Abwasser-Reinigungs-Anlagen (ARA's) bestimmen im Wesentlichen die mikrobielle Belastungssituation der Frankfurter Oberflächengewässer. In Hessen werden überwiegend Mischwasserkanäle (74 %) betrieben, die Regenwasser zusammen mit dem häuslichen und industriellen Abwasser in die Kläranlagen für kommunales Abwasser leiten. 15 % Regenwasserkanäle und 11 % Schmutzwasserkanäle komplettieren das gesamte Kanalnetz.

Abbildung 2 und Tabelle 4 zeigen die Entwicklung der Ausbaustufen der untersuchten Gewässer über den Verlauf der letzten 30 Jahre.

Abbildung 2: Entwicklung der Ausbaustufen der kommunalen und industriellen Abwasserreinigungsanlagen der Frankfurter Oberflächengewässer



Der weitere Ausbau der Mischwasserentlastungsanlagen ist für die hydraulische und stoffliche Entlastung der Gewässer von besonderer Bedeutung. Die Abtrennung von Regenwasser aus den Mischwasserkanälen durch die Neugestaltung von Entwässerungssystemen (z. B. in Form von Trennkanalesationen) oder die Abtrennung von Außengebietswässern führt zu einer deutlichen Entlastung des Kanalsystems und insbesondere der nachfolgenden Kläranlage. Weitergehende Maßnahmen der Mischwasserbehandlung (z. B. Retentionsbodenfilter) können einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung der stofflichen Einträge und der hydraulischen Belastungen liefern. Die Mischwasserentlastungsbauwerke werden in Regenüberlaufbecken (Fangbecken, Durchlaufbecken), Regenüberläufe und Stauraumkanäle unterschieden. Regenüberlaufbecken dienen vor allem zur Speicherung des besonders stark verschmutzten Mischwassers zu Beginn eines Regenereignisses. Diese Becken haben wie auch die Stauraumkanäle einen Überlauf, der nach Vollenfüllung des Beckens direkt in das Gewässer entlastet. Regenrückhaltebecken kommen sowohl im Misch- als auch im Trennsystem zum Einsatz. Sie dienen entweder der Entlastung des weiterführenden Kanalnetzes oder

werden einem Regenüberlaufbecken zur Dämpfung des entlasteten Mischwassers bei Regenereignissen nachgeschaltet. Die genannten Bauwerke dienen dem Schutz der Gewässer, da sie bei Regenereignissen dafür sorgen, dass die an die Gewässer abgegebenen Schmutzfrachten und die entlasteten Mischwassermengen möglichst gering gehalten werden [Hess. Ministerium für Umwelt, 2017].

Tabelle 4: Kenngrößen der kommunalen und industriellen Abwasser-Reinigungs-Anlagen

Ort (Vorfluter)	Art	Größe (EGW)	Jahr	Reinigungsstufen
Bad Vilbel Nidda	K	80.000	1986 -1994	m,b
			2001	m,b,n,d,p
			2006 / 2017	m,b,n,d,p
Ober-Erlenbach (Erlenbach)	K	59.000	1986-1994	m,b,n,d
			2001	m,b,n,d
			2006 / 2017	m,b,n,d,p
Ober-Eschbach (Eschbach)	K	80.000	1986-2001	m,b,n,d
			2006 / 2017	m,b,n,d,p
Oberursel (Urselbach)	K	75.000	1986	m,b
			1994	m,b,n,d
			2001 / 2017	m,b,n,d,p
Kronberg (Sulzbach)	K	25.700	1986	m,b
			1994	m,b,n,d
			2001	
			2006 / 2017	b,n,d,p
Mühlheim (Main)	K	80.000	1986	m,b
			1994	m,b
			2001	m,b,d
			2006 / 2017	m,b,n,d,p
Niederrad / Griesheim (Main)	K	1.350.000	1986-1994	m,b
			2001	m,b,n,d
			2006 / 2017	m,b,n,d,p
Sindlingen (Main)	K	470.000	1986	m,b
			1994	Außer Betrieb
			2006 / 2017	m,b,n,d,p
Infraserv* (Main)	I	1.000.000	1986	m,b,n,d
			1994	m,b,n,d
			2001	m,b,n,d
			2006 / 2017	m,b,n,p
Allessa** (Main)	I	100.000	1986	m,b,n
			1994	m,b,n
			2001	m,b,n
			2006 / 2017	m,b,p

m: mechanische Reinigung

b: biologische Reinigung

n: Nitrifikation

d: Denitrifikation

p: Phosphatelimination

*2016: zusätzliche Denitrifikationsstufe

**vorm. Cassella

K: kommunale Abwasser-Reinigungs-Anlage

I: industrielle Abwasser-Reinigungs-Anlage

Probenahmetechnik



Mittels einer Probenahmestange werden die Proben in ca. 1 m Entfernung vom Ufer, kurz unterhalb der Wasseroberfläche, in die Probenahmegefäße gefüllt und umgehend an das Untersuchungsinstitut weitergeleitet.

Untersuchungsparameter und Methoden

Die physikalisch-chemischen Parameter elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert und die Strömungsgeschwindigkeit werden durch die Probenehmerin des Gesundheitsamtes am Probenahmeort bestimmt. Fäkal-Coliforme und Coliforme Keime, Keimzahlen, Salmonellen und Fäkal-Streptokokken werden von einem beauftragten Institut analysiert. Die chemisch-physikalischen Parameter untersucht das Umweltlabor der Stadt Frankfurt, seit 2010 werden hierbei keine Pestizide mehr analysiert, seit 2015 werden die Parameter gelöster organischer Kohlenstoff, Chlorid und Sulfat analysiert. Tabelle 5 gibt einen Überblick über die untersuchten Parameter. Der Schwerpunkt unseres Berichts liegt bei den mikrobiologischen Befunden.

Tabelle 5: Untersuchte Parameter und Methoden

Mikrobiologische Untersuchungen	Methode
Fäkal-Coliforme Keime	BGBI. 10/1995
Coliforme Keime	BGBI. 10/1995
Keimzahl bei 20 °C	TrinkwV 2001 (2013) Anl. 5 I d) bb)
Keimzahl bei 36 °C	TrinkwV 2001 (2013) Anl. 5 I d) bb)
Salmonellen	ISO 19250:2010
Fäkal-Streptokokken / Intestinale Enterokokken	BGBI. 10/1995
Chemische und physikalisch-chemische Parameter und Untersuchungen	
Aussehen	visuell
Geruch	olfaktorisch
pH-Wert	DIN EN ISO 10523 C5
Temperatur	DIN 38404-C4
Elektr. Leitfähigkeit	EN 2788 (C8)
Sauerstoffgehalt	DIN EN ISO 5814 G22
Sauerstoffsättigung	DIN 38408 G23
Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB 5)	DIN EN 1899-1 (H51)
Ammonium-Stickstoff	DIN EN ISO 11732 E23
Nitrat-Stickstoff	EN ISO 10304-1 D20
Nitrit-Stickstoff	EN ISO 10304-1 D20
o-Phosphat-P photom.	EN ISO 6878 D11
Chemischer Index	berechnet
TOC	DIN EN 1484 (H3)
gelö org. Kohlenstoff	DIN EN 1484 (H3)
Chlorid	EN ISO 10304-1 D20
Sulfat	EN ISO 10304-1 D20

Ergebnisse im Überblick

Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen (Fließvolumina und Temperatur)

Tabelle 6: Fließvolumen einiger Frankfurter Oberflächengewässer [m³/h]

Jahr	Quartal	Erlen- bach I	Erlen- bach III	Esch- bach II	Kal- bach	Königs- bach	Lieder- bach	Sulz- bach	Ursel- bach I	Ursel- bach II	Wester- bach
1997	I	183	3684	2374		735	1005	586	kM	kM	473
	II	46	646	1163		15	68	84	226	398	kM
	III	361	493	1136		0	45	137	136	539	2736
	IV	302	1846	1355		2	143	1260	99	416	52
1998	I	313	914	896		38	450	213	150	168	39
	II	135	1289	1156		18	50	123	352	605	kM
	III	4647	1075	913		kM	35	390	71	496	kM
	IV	4592	5491	4930		422	3389	6990	2059	kM	2200
1999	I	431	4216	5953		1952	4256	2140	2854	2708	4520
	II	50	2422	1558		160	533	416	kM	426	121
	III	318	414	934		78	131	258	224	268	6
	IV	3851	779	1031		27	359	563	161	649	19
2000	I	251	4324	5723		108	1704	2025	2192	2260	1673
	II	158	815	kM		80	266	894	kM	kM	174
	III	kM	725	927		25	76	212	431	844	kM
	IV	kM	kM	kM		kM	1645	2047	kM	kM	1296
2001	I	2128	kM	kM		kM	kM	kM	kM	kM	kM
	II	kM	1565	2373		kM	701	746	kM	kM	594
	III	kM	kM	kM		kM	kM	kM	kM	kM	kM
	IV	1844	kM	kM		kM	kM	kM	kM	kM	kM
2002	I	3842	kM	29399		1826	2281	972	kM	kM	524
	II	154	3390	2605		406	582	914	594	1426	721
	III	kM	653	346		25	kM	kM	330	629	kM
	IV	367	kM	kM		343	kM	307	kM	kM	3827
2004	IV	kM	kM	1101		12	245	135	213	kM	18
2005	I	1564	kM	kM		kM	kM	kM	kM	kM	kM
	II	78	1065	1396		378	367	305	621	1358	181
	III	101	940	374		2	19	89	284	kM	0
	IV	3098	1035	1357		3	24	101	140	352	107
2006	I	154	kM	3643	47	38	1143	707	kM	2158	298
	II	141	888	1454	5	kM	kM	kM	642	594	217
	III	682	280	1845	1	kM	147	287	199	228	53
	IV	3349	429	1298	10	25	512	284	924	860	278
2007	I	137	3976	5102	149	793	1506	1354	3332	2955	572
	II	28	632	1031	23	5	77	185	487	434	54
	III	382	278	1569	49	867	20	111	416	993	kM
	IV	639	1616	1654	kM	21	638	486	468	937	175

Ergebnisse im Überblick

Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen (Fließvolumina und Temperatur)

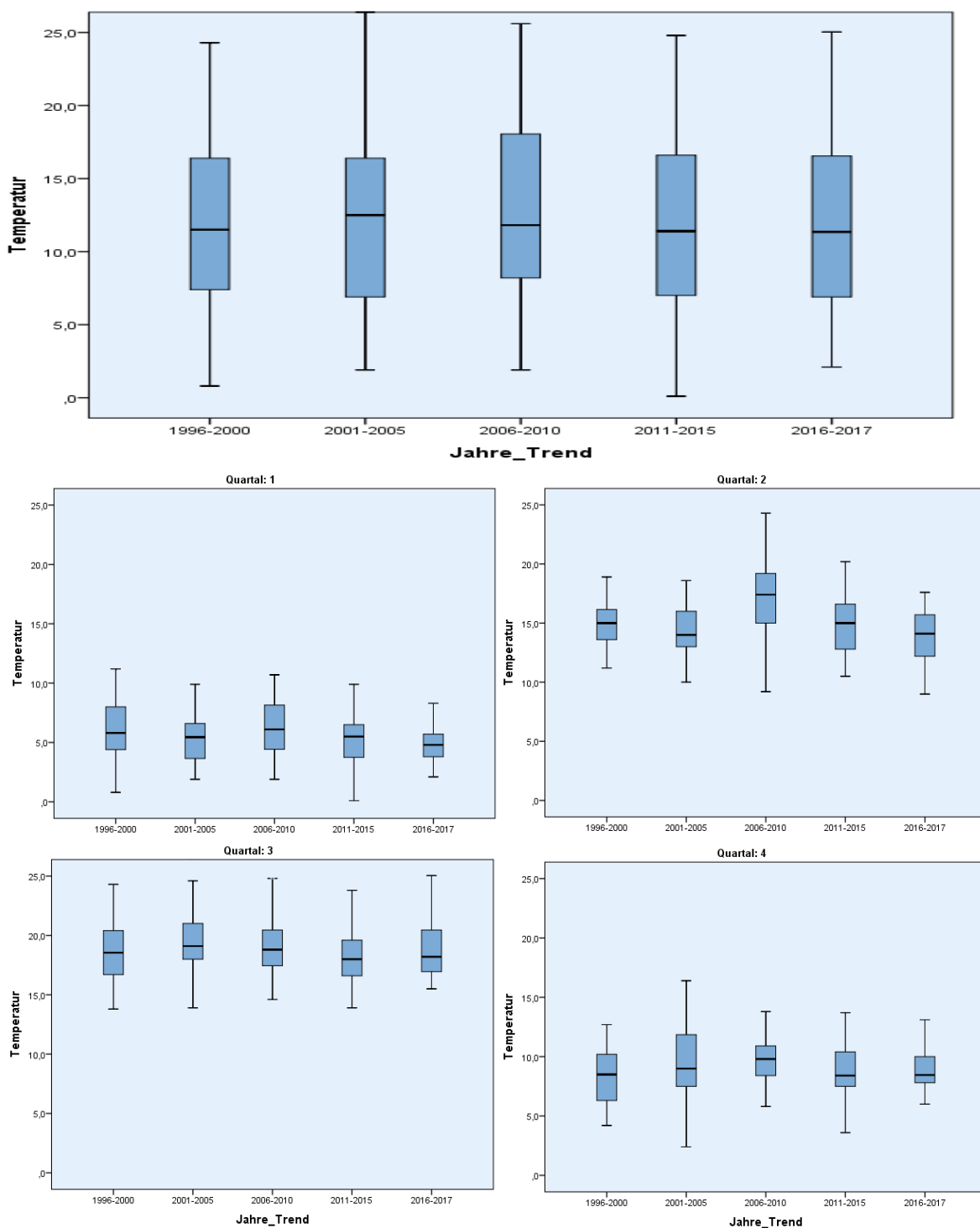
2008	I	131	kM	1312	18	kM	364	377	799	813	163
	II	48	646	548	14	26	148	226	493	688	17
	III	138	579	1211	13	5	4	114	58	kM	kM
	IV	1062	563	727	2	3	355	81	192	202	8
2009	I	238	6153	6617	1695	18	145	309	785	2298	1863
	II	kM	447	1239	15	10	164	215	612	722	16
	III	kM	181	939	7	kM	24	63	28	368	99
	IV	kM	kM	1767	7	kM	64	126	420	1104	201
2010	I	523	kM	kM	kM	854	610	kM	kM	kM	1049
	II	381	993	kM	22	71	88	220	371	1302	34
	III	834	2094	kM	86	11	24	kM	276	467	81
	IV	2792	1605	1715	16	38	335	601	477	874	142
2011	I	66	3406	3790	216	176	545	732	1562	2134	628
	II	266	457	349	17	2	24	140	224	554	kM
	III	72	674	992	18	79	687	2402	165	399	1076
	IV	327	141	1088	kM	2	16	80	57	362	kM
2012	I	769	965	1380	37	52	266	212	kM	750	128
	II	19	1022	kM	kM	kM	441	483	kM	kM	473
	III	237	57	702	kM	20	4	31	21	955	kM
	IV	632	1256	2161	5	13	15	135	kM	796	15
2013	I	1103	1162	2243	115	56	293	13	293	532	394
	II	177	1062	1988	66	8	128	198	274	931	340
	III	1793	460	1198	49	7	113	85	47	251	64
	IV	1730	2109	5916	50	235	441	188	356	1603	101
2014	I	129	909	2243	76	83	1303	618	383	863	302
	II	kM	584	1499	9	1	49	96	90	522	kM
	III	2933	861	kM	kM	kM	38	147	kM	kM	kM
	IV	2670	4439	5819	259	522	1479	517	413	kM	224
2015	I	700	5273	8154	285	221	1298	1142	743	1623	468
	II	955	1148	4130	44	48	431	247	168	954	157
	III	kM	1772	6440	kM	kM	264	238	146	1132	kM
	IV	9199	kM	kM	kM	kM	422	606	kM	kM	127
2016	I	1519	10673	9502	474	683	6370	3269	2511	3447	3838
	II	342	2164	4506	187	9360	629	247	888	1656	1656
	III	1675	1099	7911	kM	145	365	463	294	1876	kM
	IV	2195	3096	7651	162	850	997	1417	260	334	6036
2017	I	3759	2727	9184	kM	219	890	1043	596	708	455
	II	670	4995	10404	169	464	1390	1512	842	1915	936
	III	1301	1641	6879	kM	78	238	380	412	1162	6
	IV	346	2584	8733	135	346	1909	1607	611	1321	455

Fließvolumina: Über die Messung der Strömungsgeschwindigkeit können bei entsprechendem Querschnittsprofil Fließvolumina der beprobten Oberflächengewässer errechnet werden. Diese sind in Tabelle 6 aufgeführt. Es fallen erhebliche Schwankungen z. B. im Jahresverlauf oder nach Starkregenereignissen auf. Darüber hinaus zeigt sich, dass in Kläranlagen beeinflussten Gewässern (z. B.

Erlenbach II, Urselbach III) die Fließvolumina teilweise deutlich über den Volumina vor den Kläranlagen liegen (z. B. Erlenbach I, Urselbach I), d. h. das Gewässer nach der Kläranlage besteht zum über-wiegenden Teil aus gereinigtem Abwasser.

Temperatur: In Abbildung 3 sind die gemessenen Temperaturen der untersuchten Gewässer insgesamt über alle Jahre dargestellt. Es zeigt sich kein signifikanter Trend (Korrelationsrechnung $r=-0,012$; $p: 0,649$). Dies betrifft auch die in einzelnen Jahreszeiten (Quartalen) gemessenen Temperaturen.

Abbildung 3: In den Frankfurter Oberflächengewässern gemessene Temperaturen über die Jahre 1996-2017 insgesamt (oben) und getrennt nach Jahreszeiten (Quartalen) unten



Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen im Hinblick auf Bewässerung

Tabelle 8 zeigt die Untersuchungsergebnisse aller Untersuchungen von 1997-2017 dargestellt in Eignungsklassen nach DIN 19650 (Tabelle 1). Schon auf den ersten Blick sind verschiedene Ergebnisse erkennbar:

- Die hygienische Qualität des Erlenbachs, des Eschbachs und des Urselbachs ist vor den Kläranlagen deutlich besser als danach – außerdem lässt sich ein Trend zur Verbesserung der hygienischen Qualität dieser Bäche erkennen. Nach den Kläranlagen weisen diese Gewässer die schlechteste hygienische Qualität im Vergleich mit den anderen Gewässern auf.
- Die nicht durch Kläranlagen beeinflussten Gewässer Kalbach, Königsbach, Liederbach, Rebstockweiher und Westerbach weisen insgesamt eine bessere hygienische Qualität auf; allerdings sind auch in diesen Gewässern gerade in den letzten Beprobungen hohe Belastungen erkennbar.
- In der Nidda ist eine mittlere Belastung erkennbar, wobei insbesondere in den letzten beiden Jahren die Gewässerklasse 3 und 4 vorherrscht.
- Der Main weist eine vergleichbar gute Wasserqualität auf – trotz der Kläranlagen am Oberlauf; dies ist wahrscheinlich auf das große Fließvolumen (Verdünnung) zurückzuführen.
- Alle Gewässer zeigen eine große Variabilität der Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen, wahrscheinlich jeweils durch aktuelle Witterungseinflüsse bedingt.

In Tabelle 7 ist die zusammenfassende Bewertung der Frankfurter Gewässer zur Bewässerung nach DIN 19650 zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 7: Überblick über die Einstufung der Frankfurter Oberflächengewässer in die Eignungsklassen nach DIN 19650

Eignungsklasse	Untersuchte Gewässer in Frankfurt am Main	
1	Keines der untersuchten Gewässer	- alle Gewächshaus- und Freilandkulturen ohne Einschränkung
2	Keines der untersuchten Gewässer	- Schulsportplätze, öffentliche Parkanlagen - Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr
3	Main, Nidda; Liederbach, Westerbach, Rebstockweiher, Kalbach, Königsbach Gewässerabschnitt vor der Kläranlage: Erlenbach, Eschbach, Urselbach	- sonstige Sportplätze: bei der Beregnung muss durch Schutzmaßnahmen sichergestellt werden, dass Personal und Öffentlichkeit keinen Schaden nehmen. - nicht zum Verzehr bestimmte Gewächshauskulturen - Freilandkulturen für den Rohverzehr bis Fruchtansatz bzw. Gemüse bis zwei Wochen vor der Ernte - Obst und Gemüse zur Konservierung - Grünland bzw. Grünfütterpflanzen bis zwei Wochen vor dem Schnitt oder der Beweidung - alle anderen Freilandkulturen ohne Einschränkung
4	Gewässerabschnitt nach der Kläranlage: Erlenbach, Eschbach, Urselbach	- Wein- und Obstkulturen zum Frostschutz - Forstkulturen, Polterplätze und Feuchtbiopte - Zuckerrüben, Stärkekartoffeln, Ölfrüchte und Nichtnahrungspflanzen zur industriellen Verarbeitung und Saatgut bis zwei Wochen vor der Ernte - Getreide bis zur Milchreife (nicht zum Rohverzehr) - Futter zur Konservierung bis zwei Wochen vor der Ernte

Salmonellen in den untersuchten Gewässern

Die Ergebnisse der Untersuchungen auf Salmonellen sind in Tabelle 9 zusammengestellt. Aufgrund unterschiedlicher Nachweis-Methoden und untersuchender Labore zeigten die Jahre 1997 – 2002 wechselnde Häufigkeiten im Nachweis von Salmonellen. 2005 bis 2011 wurden regelmäßig Salmonellen nachgewiesen. Insbesondere an den Probenahmestellen im Ablauf der Kläranlagen von Erlenbach, Eschbach und Urselbach war im Vergleich zu den vor den Kläranlagen gezogenen Proben ein deutlicher Anstieg der positiven Salmonellenbefunde festzustellen. Aber auch in Main und Nidda, die ebenso durch Kläranlagen mit fäkal belasteten Abwässern gespeist werden, wurden in diesen Jahren regelmäßig Salmonellen nachgewiesen.

2012/2013 ist die Zahl positiver Salmonellenbefunde für diese Gewässer bereits deutlich zurückgegangen, 2014 und 2015 wurden in keinem Oberflächengewässer mehr Salmonellen nachgewiesen. 2016 und 2017 waren nur noch einzelne Wasserproben mit Salmonellen belastet: im Abstrom der Kläranlagen von Erlen- und Eschbach, im Main und im Liederbach.

Während der letzten Jahre haben sich weder das Labor bzw. das Nachweisverfahren noch die Reinigungsstufen der Kläranlagen verändert. Auffällig ist jedoch, dass auch die Fälle der durch Salmonellen ausgelösten und in Frankfurt gemeldeten Erkrankungen, die Salmonellosen, seit 2009 deutlich rückläufig sind und sich seit 2010 auf ähnlich niedrigem Niveau befinden (Tabelle 9, 4. Spalte). Durch die Einführung strenger Regeln für Geflügelfutter und eine Impfpflicht für Legehennen mit hohen Salmonellenraten durch die Europäische Kommission im Jahr 2008 sowie die Änderung der Hühnereierordnung in Deutschland im Jahr 2007 kommt es seltener zur Salmonellen-Übertragung, deshalb zu weniger Erkrankungen und ausscheidenden Personen und schlussendlich zu einer geringeren Belastung des Abwassers.

Tabelle 9: Positive Salmonellen-Befunde in Frankfurter Oberflächengewässern 1997-2017

Jahr	Quartal	Institut	Salmonellose gemeldet in FFM	Erlenbach I	Erlenbach II	Erlenbach III	Eschbach I	Eschbach II	Eschbach III	Kalbach	Königsbach	Liederbach	Main I	Main II	Nidda I	Nidda II	Rebstock	Sulzbach	Urselbach I	Urselbach II	Urselbach III	Westerbach	
1997	I	1																					
	II	1																					
	III	1																					
	IV	1																					
1998	I	1																					
	II	1																					
	III	1																					
	IV	1																					
1999	I	1																					
	II	1																					
	III	1																					
	IV	1																					
2000	I	1																					
	II	1																					
	III	1																					
	IV	1																					
2001	I	1																					
	II	1																					
	III	1																					
	IV	1																					
2002	I	1																					
	II	1																					
	III	1																					
	IV	1																					
2004	IV	2																					
2005	I	2	258																				
	II	2																					
	III	4																					
	IV	4																					
2006	I	3	294																				
	II	3																					
	III	3																					
	IV	3																					
2007	I	4	403																				
	II	4																					
	III	4																					
	IV	4																					
2008	I	4	274																				
	II	4																					
	III	4																					
	IV	4																					
2009	I	4	160																				
	II	4																					
	III	4																					
	IV	4																					
2010	I	4	120																				
	II	4																					
	III	4																					
	IV	4																					
2011	I	4	120																				
	II	4																					
	III	4																					
	IV	4																					
2012	I	4	101																				
	II	4																					
	III	4																					
	IV	4																					
2013	I	4	106																				
	II	4																					
	III	4																					
	IV	4																					
2014	I	4	99																				
	II	4																					
	III	4																					
	IV	4																					
2015	I	4	110																				
	II	4																					
	III	4																					
	IV	4																					
2016	I	4	73																				
	II	4																					
	III	4																					
	IV	4																					
2017	I	4	79																				
	II	4																					
	III	4																					
	IV	4																					

Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen im Hinblick auf Schwimmen



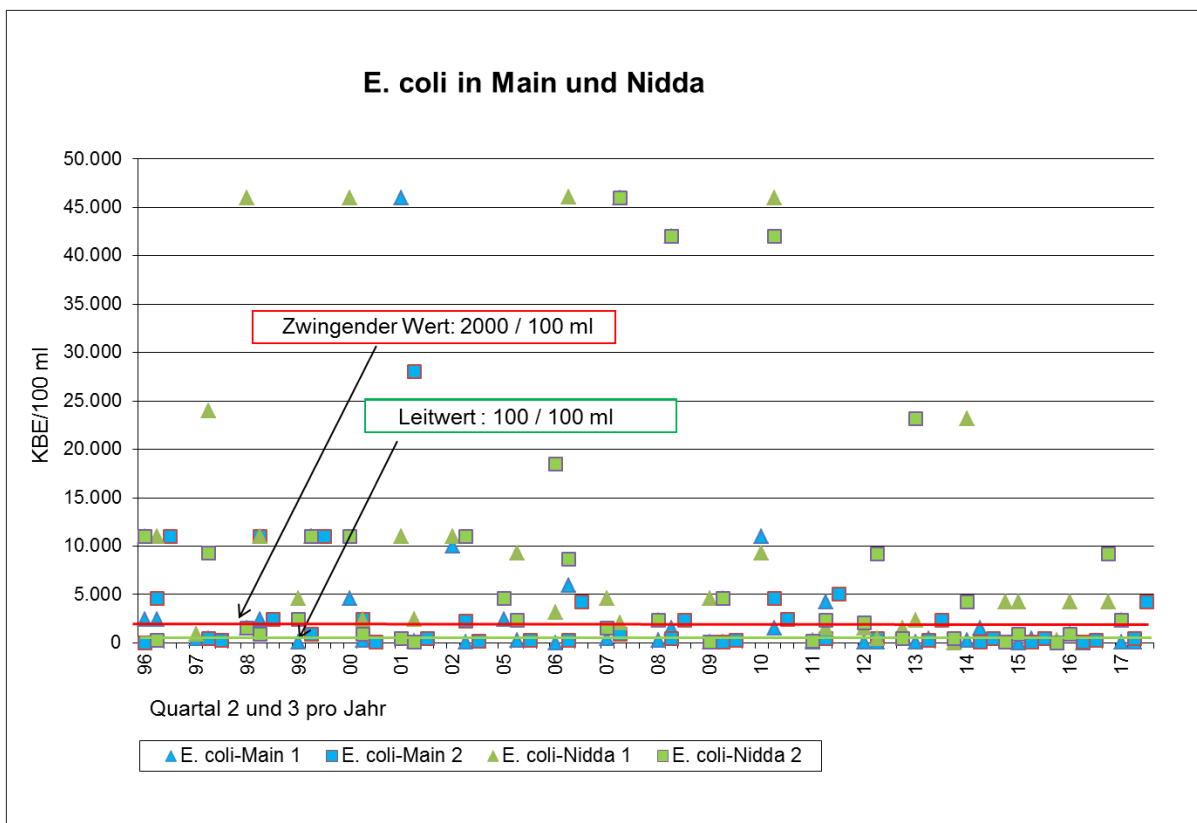
Immer wieder wird die Frage aufgeworfen, ob man in Main und Nidda ohne Infektionsrisiko schwimmen kann. Die Auswertung der Daten von 2005 bis 2017 aus Main und Nidda (ausgewertet wurden jährlich zwei Proben aus Mai und August) zeigt für beide Gewässer eine deutliche Überschreitung des Leit- und zwingenden Wertes für *E. coli* (Abbildung 4) sowie des Leitwertes für Intestinale Enterokokken (Abbildung 5) gemäß EU-Badegewässer-Richtlinie (Tabelle 2). Eine weitere Gefährdung geht von der geringen Sichttiefe des Mains aus, die eine Rettung Ertrinkender erschwert oder gar unmöglich macht. Dieser Umstand ist zwar ohne formale Rechtsrelevanz für eine Verfügung nach § 16 Abs.1 Infektionsschutzgesetz und in der neuen Badegewässerrichtlinie als Parameter nicht mehr enthalten, muss aber im Interesse der Nutzer, gerade bei Großveranstaltungen, berücksichtigt werden.

Da sich in Fließgewässern der Zustand dauernd verändert, kann auch durch regelmäßige Keimzahlbestimmung in Main und Nidda nicht erfasst werden, ob das Flusswasser den hygienischen Anforderungen der europäischen Badegewässerrichtlinie genügt.

- Unsere Daten sowie Fallbeschreibungen aus der internationalen Literatur weisen aus, dass aus infektionshygienischen Gründen das Schwimmen in Main und Nidda nicht befürwortet werden kann, da ein sehr hohes Infektionsrisiko besteht. Dieses bezieht sich sowohl auf Magen- und Darmerkrankungen als auch auf Erkrankungen anderer Organe und der Haut.
- Auch Sportveranstaltungen anderer Disziplinen, die mit der Aufnahme von Wasser oder mit intensivem Haut- und Schleimhautkontakt verbunden sind, sollten daher im Main oder der Nidda bei Frankfurt nicht stattfinden.

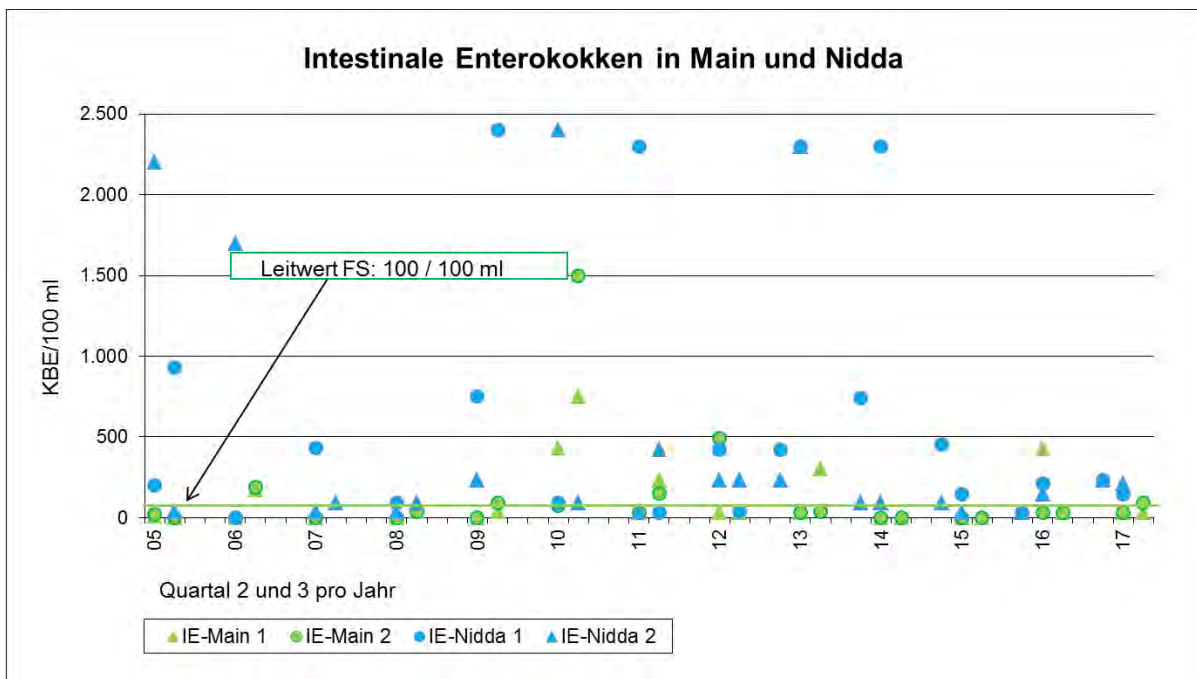
An der oberen Isar wurde vor mehr als 10 Jahren ein Sonderprogramm zur hygienischen Sanierung vorgenommen und die Abläufe verschiedener kleinerer Kläranlagen wurden über die Sommermonate (Badesaison) mit UV desinfiziert; es konnte eine Verbesserung der Badegewässersituation erreicht werden, jedoch kam es nach Starkregenereignissen immer noch zu Grenzwert-Überschreitungen. Um diese zu vermeiden, müssten langfristig die Mischwasserentlastungen auf der gesamten Fließstrecke minimiert werden [Popp et al., 2004]. Inwieweit diese Maßnahmen auf andere Bereiche übertragbar und ökonomisch darstellbar sind, wird u.a. in dem HyReKa-Projekt untersucht (www.hyreka.net).

Abbildung 4: E-coli-Konzentration in Main und Nidda (Messwerte 1996 – 2017)



30 % (Main 1) bzw. 45 % (Main 2) Befunde für E.coli liegen über dem zwingenden Wert von 2000 E.coli/100ml. 68 % (Main 1) bzw. 89 % (Main 2) der E.coli Proben liegen über dem Leitwert.
 80 % (Nidda 1) bzw. 60 % (Nidda 2) aller E.coli - Befunde der Nidda liegen über dem zwingenden Wert, 98 % (Nidda 1) bzw. 89 % (Nidda 2) der Proben liegen über dem Leitwert für E.coli.

Abbildung 5: Intestinale Enterokokken-Konzentration in Main und Nidda (Messwerte 2005 – 2017)



27 % (Main 1) bzw. 23 % (Main 2) der Befunde an Intestinalen Enterokokken im Main liegen über dem geforderten Leitwert.
 77 % (Nidda 1) bzw. 54 % (Nidda 2) der Nidda-Proben zeigen Gehalte an Intestinalen Enterokokken über dem geforderten Leitwert von 100 /100 ml.

Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen im Überblick

Nach der Darstellung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf die Frage der Wasserqualität für die Bewässerung und / oder zum Baden und Schwimmen sollen nachfolgend die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen im Überblick vorgestellt und diskutiert werden.

In der nachfolgenden Grafik (Abbildung 6) wurden für die verschiedenen mikrobiologischen Parameter (KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken) die Mittelwerte für die verschiedenen Probenahmestellen in 5-Jahresgruppen zusammengefasst dargestellt. Dabei ist zu betonen, dass die Mittelwerte durch einzelne Ausreißer- oder Extremwerte stark beeinflusst sind.

Die Darstellungen fassen zunächst Erlenbach, Eschbach und Urselbach mit den jeweils drei Probenahmestellen vor (1), direkt nach (2) und 1000 m (3) nach der Kläranlage zusammen, den zweiten Block bilden die Gewässer ohne Einfluss einer Kläranlage und der rechte Block zeigt die Gewässer mit weiter entfernten Kläranlagen am Oberlauf.

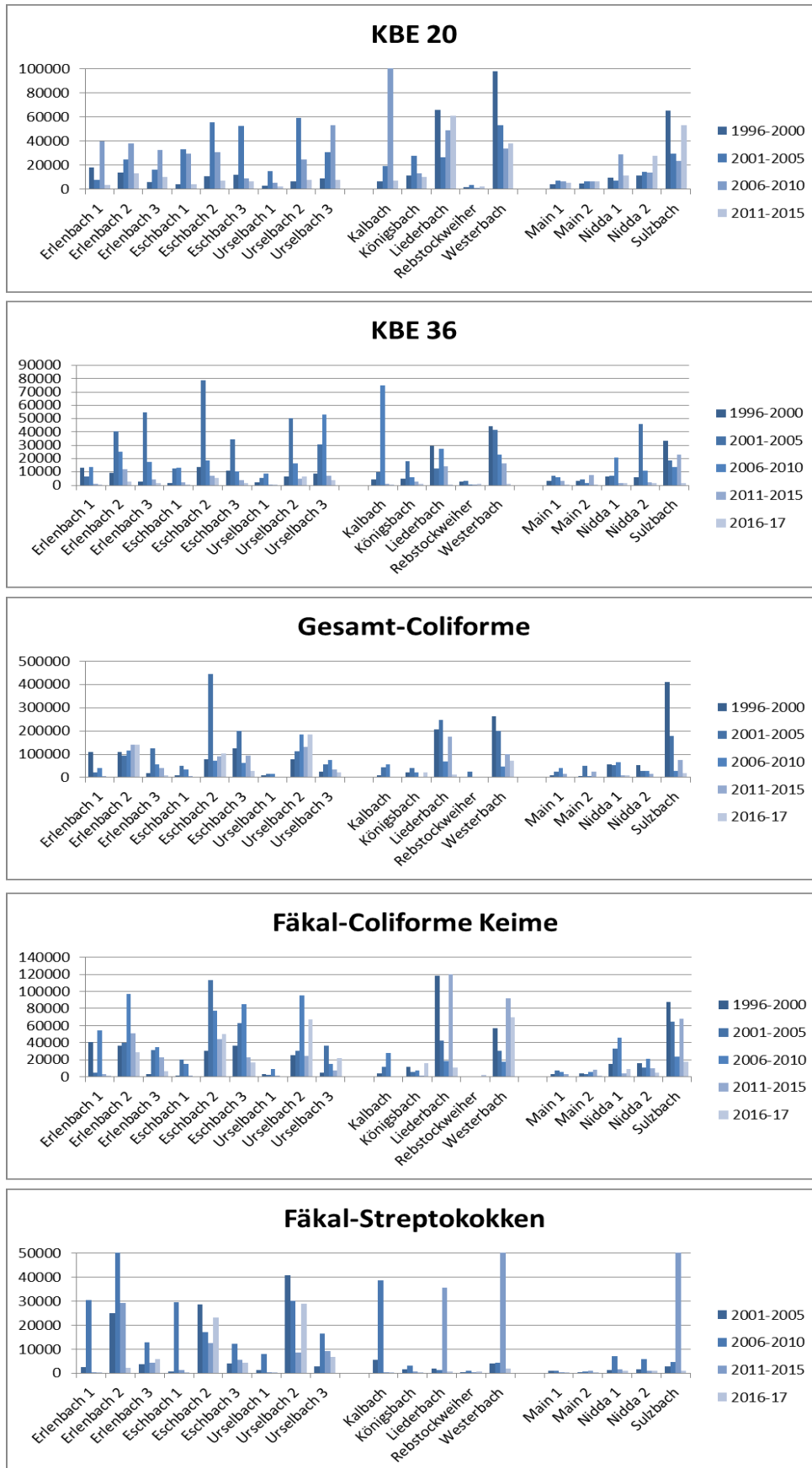
Die bei 20°C und 36°C ermittelte Gesamtkeimzahl (KBE 20 und KBE 36) lässt bei einigen nicht durch Kläranlagen beeinflussten Gewässern auffällig hohe Werte in verschiedenen 5-Jahresräumen erkennen, in den Jahren 2006-2010 im Kalbach und über die gesamte Zeit im Liederbach und Westerbach – möglicherweise bedingt durch zeitweilig geringe Fließvolumina. Die geringsten Konzentrationen fanden sich im Main – wahrscheinlich bedingt durch das große Fließvolumen. Ebenfalls geringe Konzentrationen fanden sich im Rebstockweiher, der über keinen natürlichen Zufluss verfügt.

Bei der Untersuchung der Gesamt-Coliformen ist zwar ein Zusammenhang mit den Kläranlagen an Erlen-, Esch- und Urselbach erkennbar mit den höchsten Werten jeweils an Probenahmestelle 2, also direkt nach der Kläranlage, aber auch bei diesem Parameter werden teilweise hohe Belastungen im Liederbach und Westerbach erreicht.

Bei den Fäkalindikatoren zeigen sich eindeutige Zusammenhänge zu den Kläranlagen. Fäkal-Coliforme und Fäkal-Streptokokken sind jeweils unmittelbar nach den Kläranlagen am Eschbach, Erlenbach und Urselbach (jeweils Stelle 2) in deutlich höheren Konzentrationen nachweisbar als vor den Kläranlagen und 1000 m danach, d. h. ein Einfluss der Kläranlagen ist erkennbar.

Darüber hinaus fällt auf, dass auch in den nicht durch Kläranlagen beeinflussten Gewässern Liederbach und Westerbach in verschiedenen Fünf-Jahresperioden hohe Belastungen an Fäkal-Coliformen und Fäkal-Streptokokken nachweisbar waren. Eine Ursache der extremen Schwankungen könnten die sehr unterschiedlichen Wassermengen sein. Im Gegensatz dazu wurden im Main vergleichsweise niedrige Konzentrationen an Fäkal-Indikatoren über alle Jahresgruppen gefunden, obwohl flussaufwärts verschiedene Kläranlagen ihre Abwässer einleiten. Aber offenbar werden diese durch die große Wassermenge des Flusses gut verdünnt. Auch im Rebstockweiher werden praktisch keine Fäkal-Indikatoren gefunden.

Abbildung 6: Ergebnisse der Untersuchungen der Frankfurter Oberflächengewässer auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken in verschiedenen 5-Jahreszeiträumen (5-Jahres-Mittelwerte; angegeben sind Erreger/100 ml)



Zusammenhangsanalysen

Nachfolgend werden die Ergebnisse der (bivariaten) Korrelationsrechnungen vorgestellt, die durchgeführt wurden, um Zusammenhänge zwischen der mikrobiologischen Gewässergüte und dem Jahrestrend, dem Einfluss von Kläranlagen aber auch weiterer gemessener Parameter zu untersuchen.

Tabelle 10: Korrelationsanalysen zwischen den mikrobiologischen Parametern im Jahrestrend, im Zusammenhang mit einem möglichen Einfluss von Kläranlagen und von weiteren chemischen und physikalischen Parametern – dargestellt sind bivariate Korrelationen

		Jahre einzel	Jahre Trend	pH- Wert	Leitfähig- keit	O ₂	O ₂ INDEX	Lage zur ARA	Temperatur
KBE 20	Korrelations- koeffizient	-,123**	-,142**	-,193**	-,107**	-,265**	-,149**	,163**	,121**
	Sig. (2-seitig)	0	0	0	0	0	0	0	0
KBE 36	Korrelations- koeffizient	-,213**	-,227**	-,228**	-,061*	-,380**	-,277**	,311**	,267**
	Sig. (2-seitig)	0	0	0	0,021	0	0	0	0
Fäkal- Coliforme	Korrelations- koeffizient	-,056*	-,072**	-,302**	-,078**	-,328**	-,183**	,448**	,181**
	Sig. (2-seitig)	0,029	0,005	0	0,002	0	0	0	0
Gesamt- Coliforme	Korrelations- koeffizient	-,192**	-,201**	-,300**	-,108**	-,265**	-,138**	,426**	,127**
	Sig. (2-seitig)	0	0	0	0	0	0	0	0
Salmonellen	Korrelations- koeffizient	-0,023	-0,006	-,158**	0,018	-,136**	-,078**	,207**	,062*
	Sig. (2-seitig)	0,357	0,803	0	0,495	0	0,003	0	0,015
Fäkal- strepto- kokken	Korrelations- koeffizient	-,215**	-,224**	-,311**	-,087**	-,310**	-0,041	,369**	0,021
	Sig. (2-seitig)	0	0	0	0,007	0	0,202	0	0,513
Tempera- tur	Korrelations- koeffizient	-0,018	-0,012	,145**	,224**	-,614**	-,924**	,133**	1
	Sig. (2-seitig)	0,495	0,649	0	0	0	0	0	
pH-Wert	Korrelations- koeffizient	,134**	,161**	1	,140**	,237**	-,116**	-,368**	,145**
	Sig. (2-seitig)	0	0		0	0	0	0	0
LEITF	Korrelations- koeffizient	,064*	,055*	,140**	1	-,148**	-,200**	,169**	,224**
	Sig. (2-seitig)	0,013	0,033	0		0	0	0	0
	N	1506	1506	1493	1506	1477	1439	1506	1503
O ₂	Korrelations- koeffizient	-0,023	-0,026	,237**	-,148**	1	,655**	-,305**	-,614**
	Sig. (2-seitig)	0,374	0,309	0	0		0	0	0
	N	1490	1490	1477	1477	1490	1448	1490	1487
O ₂ INDEX	Korrelations- koeffizient	0,01	0,005	-,116**	-,200**	,655**	1	-,121**	-,924**
	Sig. (2-seitig)	0,692	0,852	0	0	0		0	0
	N	1451	1451	1448	1439	1448	1451	1451	1449
Trübung Nummer	Korrelations- koeffizient	-,255**	-,235**	0,006	-0,004	,064*	0,035	-0,017	-,061*
	Sig. (2-seitig)	0	0	0,829	0,882	0,015	0,19	0,514	0,02
	N	1478	1478	1465	1466	1453	1415	1478	1476

Rot unterlegt: sign. positive Zusammenhänge, grau unterlegt: sign. Negative Zusammenhänge; weiß: keine sign. Zusammenhänge

Trend über die Jahre: An allen Untersuchungsstellen zusammen genommen zeigten sich über die Jahre (gerechnet mit allen Jahren einzeln und mit Fünf-Jahres-Gruppen) signifikante Abnahmen (hochsignifikant negative Korrelationen – hellgrau unterlegt) aller mikrobiologischen Parameter über die Zeit; das betraf sowohl die Keimzahlen bei 20°C und bei 36°C, die Fäkal- und Gesamt-Coliformen und Fäkal-Streptokokken, nicht jedoch die Salmonellen-Nachweise (Tabelle 10). Diese Ergebnisse sind in Abbildung 8 nochmals anschaulich dargestellt (alle Gewässer zusammen, Box-Plots für 5-Jahresräume). Auch die Trübung nahm über die Jahre deutlich ab (Korrelation sign. Neg.). D. h. es gibt eine Tendenz zur Verbesserung der hygienischen Gewässerqualität.

Keine signifikanten Änderungen über die Zeit ergaben sich bei der Temperatur, der Leitfähigkeit und der Sauerstoff-Sättigung; der pH-Wert stieg über die Jahre an, d. h. die Wässer wurden alkalischer.

Einfluss von Kläranlagen: Es sind eindeutige, signifikante Zusammenhänge zwischen den Erreger-Nachweisen und der Lage zu einer Abwasserreinigungsanlage (ARA) erkennbar (signifikant positive Korrelationen sind rot unterlegt) (Tabelle 10), d. h. vor Abwasser-Reinigungs-Anlagen werden – wie erwartet – geringere Keimzahlen gefunden als im Unterlauf der Kläranlagen, wobei die höchsten Belastungen unmittelbar nach den Kläranlagen auftraten. Dabei waren die Zusammenhänge bei den Coliformen und Fäkal-Streptokokken am stärksten. Dies ist auch in den Grafiken (Abbildung 7) erkennbar (alle Gewässer zusammen, Box-Plots für Gewässer ohne Kläranlageneinfluss, direkt hinter Kläranlagen und mit Einfluss durch weiter entfernte Kläranlagen am Oberlauf der Probenahmestellen).

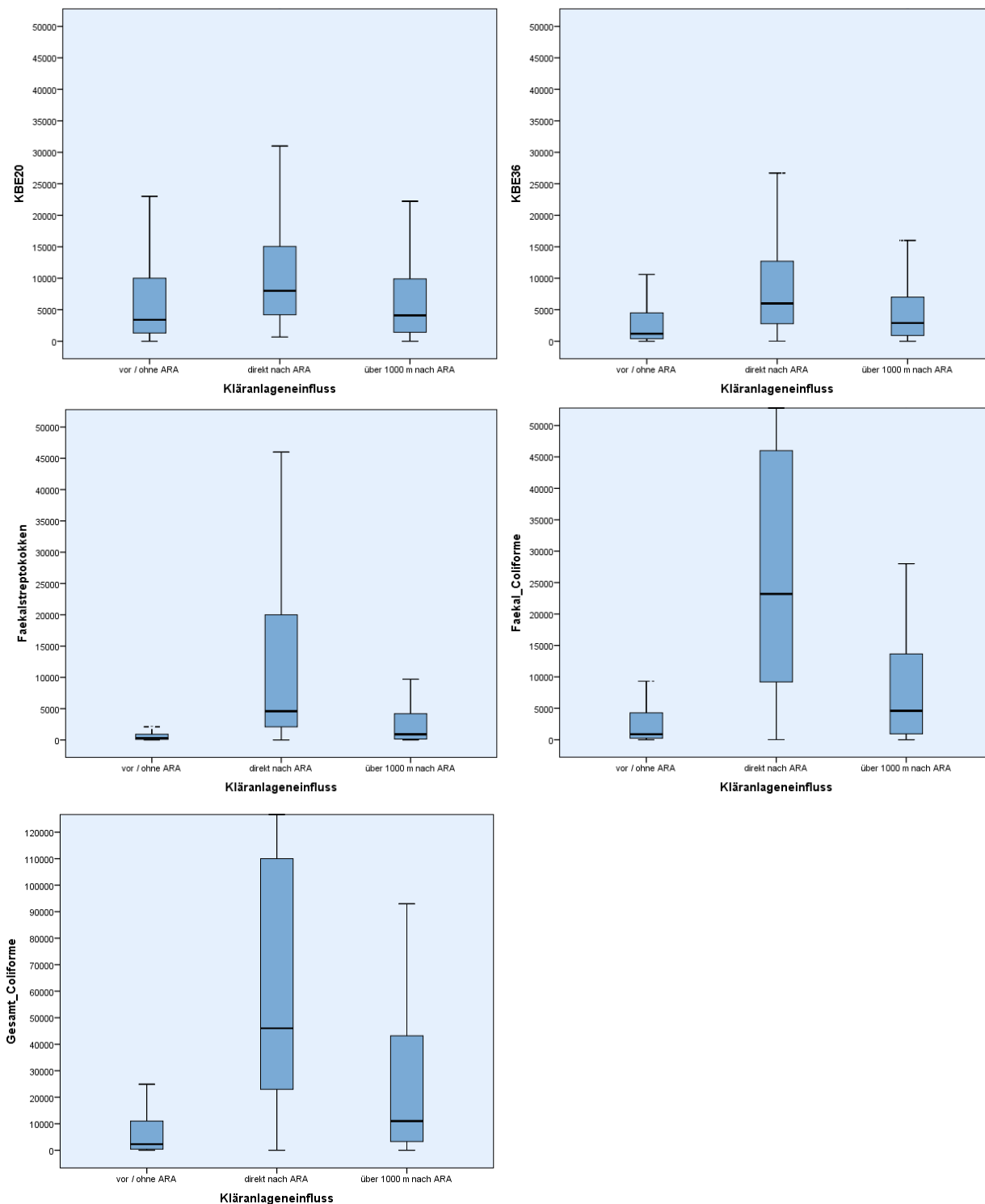
Weitere chemische und physikalische Parameter: Es war eine signifikante Zunahme der Keimzahlen KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme mit zunehmender Temperatur erkennbar. Neben dem o. g. zeitlichen Trend einer Verbesserung der Gewässergüte insgesamt, zeigte sich, dass fast alle mikrobiologischen Parameter – mit Ausnahme der Salmonellen-Nachweise – negativ assoziiert sind mit zunehmendem pH-Wert, zunehmender Leitfähigkeit und zunehmendem Sauerstoff-Index (Tabelle 10).

Einfluss der Abwasser-Reinigungs-Anlagen auf die hygienische Gewässergüte

Die in den Korrelationsrechnungen gefundenen, signifikanten Zusammenhänge zwischen den Erreger-Nachweisen und der Lage zu einer Abwasserreinigungsanlage (ARA) (Tabelle 10) sind noch besser in der Box-Plot-Darstellung erkennbar (Abbildung 7).

Vor Abwasser-Reinigungs-Anlagen bzw. in Gewässern ohne Kläranlageneinfluss werden – wie erwartet – niedrigere Keimzahlen gefunden als im Unterlauf der Kläranlagen, wobei die höchsten Belastungen unmittelbar nach den Kläranlagen auftraten. Dabei waren die Zusammenhänge bei den Fäkal- und Gesamt-Coliformen und Fäkal-Streptokokken am stärksten.

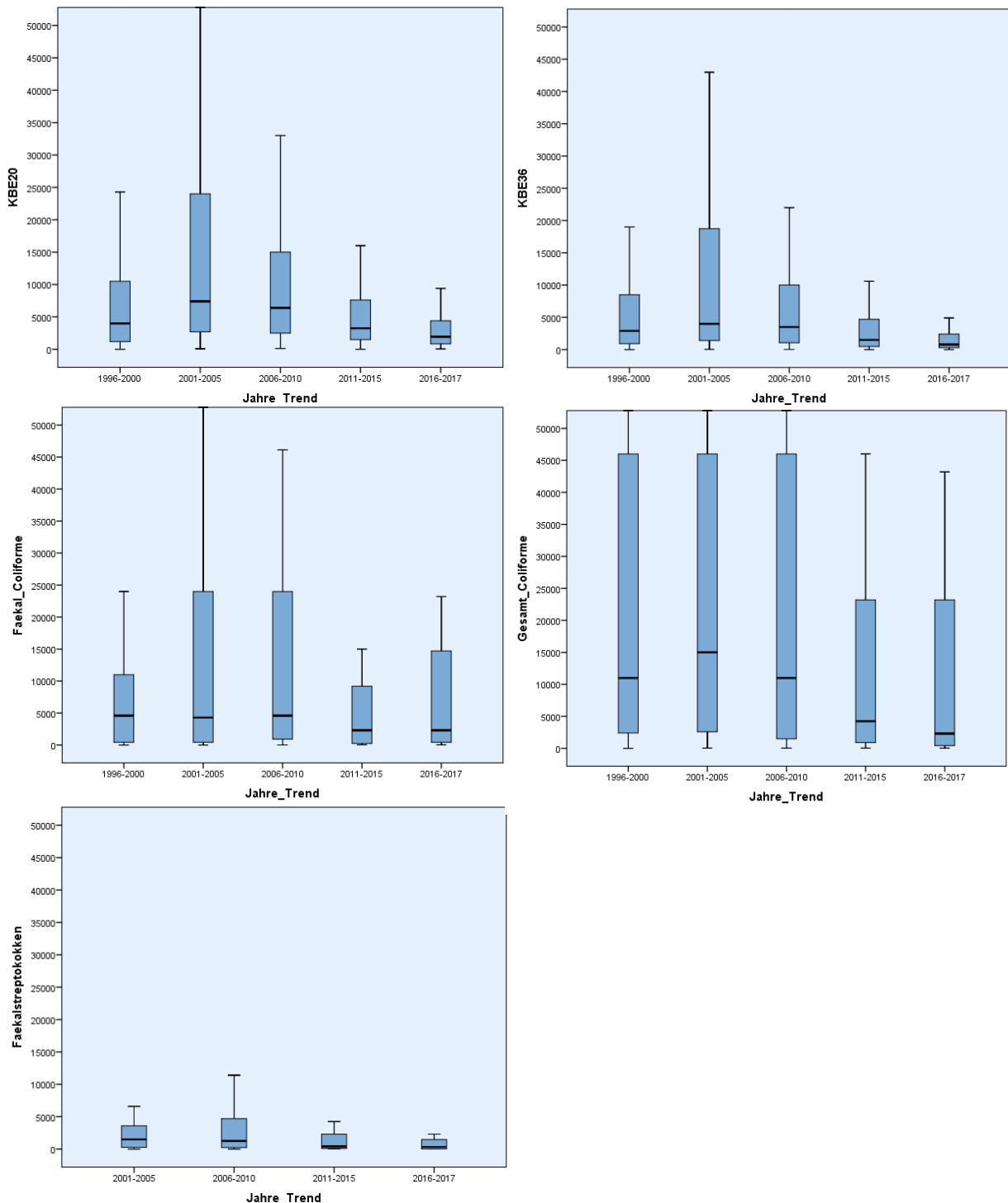
Abbildung 7: Ergebnisse der Untersuchungen der Frankfurter Oberflächengewässer auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken in Abhängigkeit von dem Einfluss einer Kläranlage (angegeben sind Erreger/100 ml)



Hygienische Gewässergüte im zeitlichen Trend

Die in den oben dargestellten Korrelationsrechnungen (Tabelle 10) festgestellten hochsignifikanten Abnahmen der Keimzahlen bei 20°C und bei 36°C, der Fäkal- und Gesamt-Coliformen sowie der Fäkal-Streptokokken über die Zeit lassen sich auch in der nachfolgenden Box-Plot-Darstellung gut erkennen (Abbildung 8). Die höchsten Werte wurden in den Jahren 2001-2005 festgestellt, danach zeigt sich der abnehmende Trend. Bei den Fäkal-Coliformen ist dieser Trend jedoch am wenigsten deutlich ausgeprägt.

Abbildung 8: Ergebnisse der Untersuchungen der Frankfurter Oberflächengewässer auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)



Ergebnisse der einzelnen Gewässer – hygienische Gewässergüte

Main

Beschreibung

Der Main ist der größte rechte Nebenfluss des Rheines und der größte Fluss in Hessen. Er entsteht durch die Vereinigung der beiden Quellzuflüsse, dem Weißen und dem Roten Main bei Kulmbach. Nach insgesamt 541 km Fließstrecke mündet er bei Mainz-Kastel in den Rhein. Das Frankfurter Stadtgebiet durchquert er ab Flusskilometer 46,5 von Fechenheim bis Sindlingen auf einer Gesamtlänge von rund 27 km. Seit 2014 wird am Fechenheimer Mainbogen in Frankfurt die größte Renaturierungsmaßnahme, die es entlang des hessischen Mainufers bislang gibt, umgesetzt, sie soll 2020 mit dem Bau eines 700 Meter langen Altarms beendet sein.

Der Main wird im größten Umfang zur Wasserversorgung, Abwassereinleitung, Wasserkraftgewinnung und Naherholung genutzt.

Ferner dient er von Flusskilometer Null (Mündung in Mainz-Kastel in den Rhein) bis Flusskilometer 387,69 (Bamberg) als bedeutende Bundeswasserstraße und ist ein Stück der transkontinentalen Wasserstraßenverbindung zwischen der Nordsee und dem Schwarzen Meer über den Rhein-Main-Donau-Kanal.

Der Main wird an zwei Entnahmestellen beprobt:

- Main 1: Fechenheim, Bootsanleger nahe dem Arthur-von-Weinberg-Steg
- Main 2: Schwanheim, seit 2013 am Fähranleger Schwanheim

Ergebnisse zur hygienischen Wassergüte

In den letzten neun Jahren wurden im Main an beiden Probenahmestellen neunmal Salmonellen nachgewiesen, somit ist ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen, zumal im davorliegenden Zeitabschnitt in nur drei Jahren (2006 bis 2008) zwölf Wasserproben Salmonellen aufzeigten (s. Tabelle 9).

Die Eignungsklasse gem. DIN 19650 liegt für beide Probenahmestellen im Mittel bei drei, d. h. Schulsportplätze, öffentliche Parkanlagen, Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr können mit diesem Wasser nicht beregnet werden. Bei der Beregnung anderer Sportplätze ist durch Schutzmaßnahmen sicherzustellen, dass Personal und Öffentlichkeit keinen Schaden nehmen (s. Tabelle 7).

Tabelle 11: Main: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

			Gesamt	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-17
KBE 20	Main 1 Fechenheim	N	76	19	13	20	16	8
		Mittelwert	5129	3889	7356	6249	5416	1082
		Median	1565	1200	4200	3900	1190	375
		Maximum	27480	17200	27480	21000	27480	6000
	Main 2 Höchst Fähre	N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	5519	4523	6236	6646	6626	1254
Median		1000	1004	1200	1800	890	530	
Maximum		110000	27000	22220	40000	110000	6000	
KBE 36	Main 1 Fechenheim	N	76	19	13	20	16	8
		Mittelwert	4515	3321	7172	6275	3505	653
		Median	2400	2200	3900	4550	725	375
		Maximum	24000	13300	24000	24000	19460	2000
	Main 2 Höchst Fähre	N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	3764	3222	4363	1548	7488	373
Median		880	1500	860	1000	565	305	
Maximum		130000	14200	17930	4500	130000	944	
Fäkal- Coliforme	Main 1 Fechenheim	N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	4247	3145	7548	5901	3126	306
		Median	930	1215	2400	2300	913	91
		Maximum	46000	15000	46000	46000	24000	913
	Main 2 Höchst Fähre	N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	5031	3675	3341	5617	8306	1519
Median		750	930	430	3300	425	425	
Maximum		150000	11000	28000	24000	150000	4250	
Gesamt- Coliforme	Main 1 Fechenheim	N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	20256	10490	24612	39121	16219	522
		Median	4600	4600	11000	8800	2350	161
		Maximum	460000	46000	110000	460000	93000	2300
	Main 2 Höchst Fähre	N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	17891	6985	50902	6546	24974	2171
Median		2400	4600	2400	2350	917	1363	
Maximum		460000	24000	460000	43000	460000	7400	
Fäkal- Strepto- kokken	Main 1 Fechenheim	N	52	0	4	20	20	8
		Mittelwert	518		811	790	358	88
		Median	91		415	185	92	30
		Maximum	4600		2400	4600	4200	425
	Main 2 Höchst Fähre	N	52	0	4	20	20	8
		Mittelwert	710		338	757	962	150
Median		91		126	310	92	33	
Maximum		15000		1100	4600	15000	913	

Abbildung 9: Main bei Fechenheim (Main 1): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

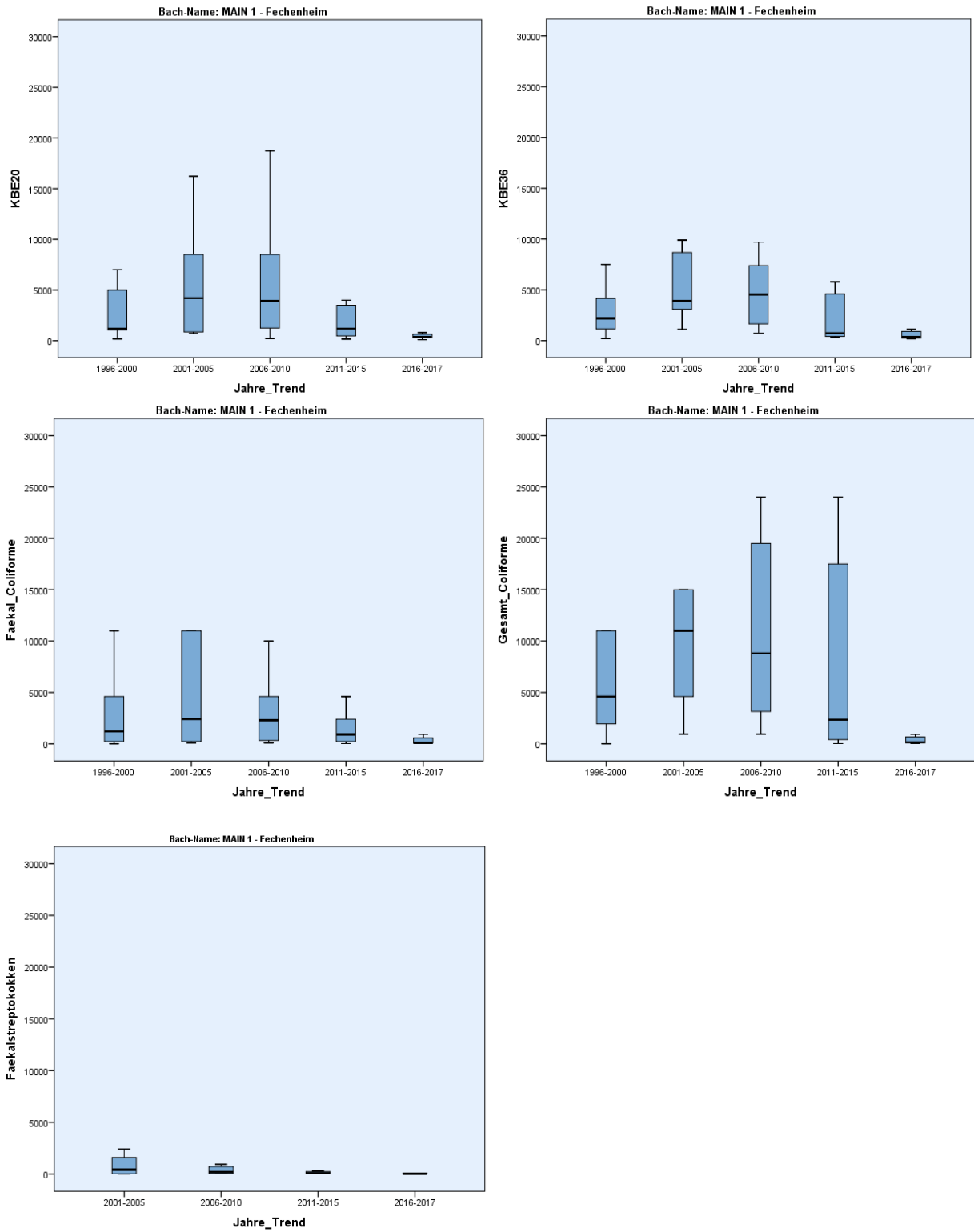
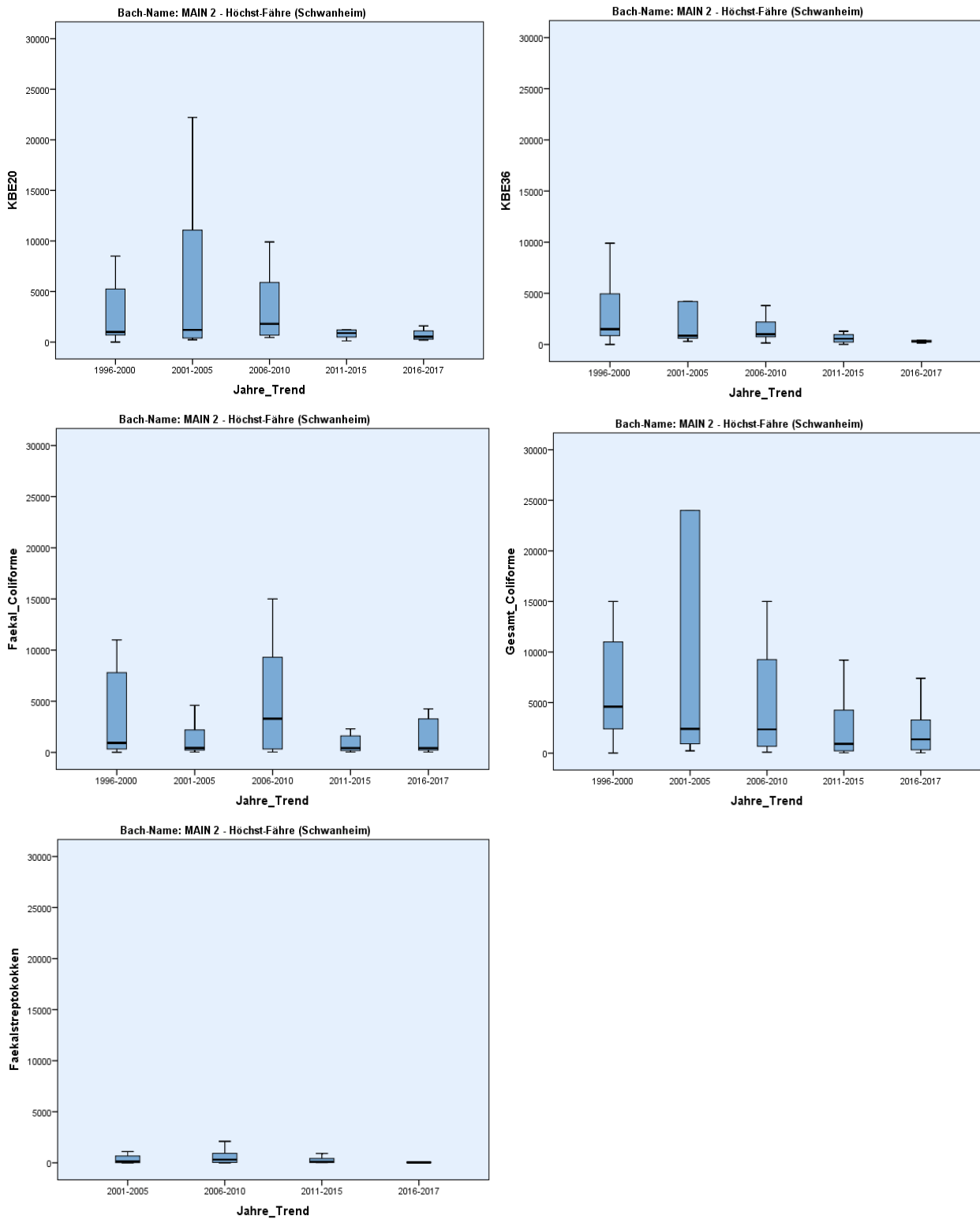


Abbildung 10: Main bei Höchster Fährre (Main 2): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)



Nidda

Die Nidda entspringt bei Schotten im Hohen Vogelsberg und tritt nach Durchfließen der Wetterau hinter Bad Vilbel in die Frankfurter Gemarkung bei Harheim ein. Nach 89 km Fließstrecke, wovon 18 km auf Frankfurter Stadtgebiet entfallen, mündet sie im Ortsteil Höchst in den Main. Bis zu ihrer Einmündung nimmt die Nidda alle wesentlichen Bäche des Taunus-Südrandes mit Ausnahme des Liederbaches, der direkt in den Main mündet, auf.

In Frankfurt wurde als Pilotprojekt 1993 mit dem naturnahen Ausbau der Nidda vom Berkersheimer Bogen bis zum westlichen Bonameser Altarm begonnen. Mit der Anlage von Ersatzauen, die bei Hochwasser überschwemmt werden, und von Fließhindernissen zur Reduzierung der Fließgeschwindigkeit wurde eine naturnahe Fließdynamik wiederhergestellt. 2009 wurde der von der Nidda abgetrennte und teilweise mit Bauschutt und Erde verfüllte Bonameser Altarm wieder mit dem Fluss verbunden. Durch den Umbau des Mühlgrabens am Rödelheimer Wehr wurde 2010 die Nidda hier wieder „fischtuglich“: Die Fische können das Wehr umgehen, indem sie den Mühlgraben hinaufschwimmen. 2010 wurde ein Rückhaltebecken an der Mündung des Dottenfeldgrabens („Laufgraben“) in die Nidda gebaut und 2012 der naturnahe Umbau des Höchster Wehres beschlossen.

In ihrem Verlauf nimmt die Nidda aus vielen Kläranlagen belastetes Wasser auf, so im Oberlauf aus Nidder und Wetter die Abläufe aus mehr als 10 Kläranlagen mit Einwohnerwerten (EW) > 10.000 – 100.000. Vor Eintritt in die Gemarkungsgrenze Frankfurt befinden sich an der Nidda selbst fünf Kläranlagen >10.000 - 100.000 EW sowie zwei Kläranlagen mit >2.000 - 10.000 EW, die letzte ist die Kläranlage in Bad Vilbel. Innerhalb Frankfurts erhält die Nidda weitere Zuläufe aus kläranlagenbeeinflussten Bächen, wie Erlenbach, Eschbach und Urselbach.

Da das Einzugsgebiet der Nidda in Hessen geprägt ist von zahlreichen Nutzungskonflikten und somit in vielfacher Hinsicht repräsentativ für Fließgewässer in Mitteleuropa, wurde sie für ein Forschungsprojekt ausgewählt (NiddaMan, <http://www.niddaman.de/>). Schwerpunkt des Projekts ist die Entwicklung eines Computermodells für die wasserwirtschaftliche Praxis, das Entscheidungsträgern sowohl die konzeptionelle Vorbereitung von Maßnahmen eines nachhaltigeren Wasserressourcen- und Einzugsgebietsmanagements als auch deren Umsetzung erleichtern soll. Die Frage, welche Bedeutung Spurenstoffe (z. B. Arzneimittel, Pestizide, Duftstoffe) für Fließgewässer haben und welche Maßnahmen Einträge am effektivsten reduzieren können, steht im Mittelpunkt. Bei der Ermittlung potenzieller Eintragsquellen und Spurenstoffe, wurde festgestellt, dass der Anteil des Abflusses aus Kläranlagen am mittleren Gesamtabfluss im Gewässer bei ca. 20 % liegt. (<https://bmbf.nawam-rewam.de/projekt/niddaman/>, Laufzeit 01.05.2015 – 30.04.2018)

Die Nidda wurde an zwei Entnahmestellen beprobt:

- Nidda 1 - Ost: in Harheim an der Brücke „Harheimer Stadtweg“
- Nidda 2 - West: am Rödelheimer Wehr

Ergebnisse zur hygienischen Wassergüte

Für beide Messstellen wird, bei Betrachtung der letzten fünf Jahre gerade noch die Eignungsklasse 3 für das Bewässern erreicht, d. h. Schulsportplätze, öffentliche Parkanlagen, Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr sollten mit diesem Wasser nicht beregnet werden. Bei der

Beregnung anderer Sportplätze ist durch Schutzmaßnahmen sicherzustellen, dass Personal und Öffentlichkeit keinen Schaden nehmen (s. Tabelle 7 und Tabelle 8).

In den letzten fünf Jahren wurden lediglich einmal Salmonellen nachgewiesen, auch hier zeigt sich die für Salmonellenbefunde deutlich rückläufige Tendenz (Tabelle 9).

Tabelle 12: Nidda: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

			Gesamt	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-17
KBE 20	Nidda 1 Rödelheimer Wehr	N	79	20	11	20	20	8
		Mittelwert	13918	9754	6926	29179	11522	1779
		Median	3900	5350	5800	7250	3000	1430
		Maximum	170000	62000	18900	150000	170000	4200
	Nidda 2 Harheim	N	77	20	11	19	20	7
		Mittelwert	15986	11420	14524	13854	27842	3239
Median		3000	4076	6700	4000	2050	2600	
Maximum		490000	77000	53300	68000	490000	8000	
KBE 36	Nidda 1 Rödelheimer Wehr	N	79	20	11	20	20	8
		Mittelwert	8517	6505	7011	20747	1843	1728
		Median	2830	3850	2830	5500	1175	1005
		Maximum	220000	32000	27600	220000	10000	4900
	Nidda 2 Harheim	N	77	20	11	19	20	7
		Mittelwert	11448	5819	45800	10856	2126	1791
Median		2250	2946	2650	3500	895	1400	
Maximum		460000	43400	460000	53000	13000	3820	
Fäkal- Coliforme	Nidda 1 Rödelheimer Wehr	N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	22225	14989	32956	45906	4197	8748
		Median	4600	11000	9300	10150	2300	4250
		Maximum	240000	46000	240000	240000	23200	43200
	Nidda 2 Harheim	N	80	20	13	19	20	8
		Mittelwert	13766	16270	11245	20948	9716	4673
Median		4250	2400	4600	4800	3250	1607	
Maximum		110000	110000	51400	110000	93000	14400	
Gesamt- Coliforme	Nidda 1 Rödelheimer Wehr	N	80	20	12	20	20	8
		Mittelwert	41964	56172	53288	65599	10269	9610
		Median	11000	46000	28500	19500	9200	4250
		Maximum	460000	240000	240000	460000	23200	43200
	Nidda 2 Harheim	N	79	20	13	18	20	8
		Mittelwert	28146	51997	26408	28721	14476	4227
Median		9300	11000	11000	16650	6725	2300	
Maximum		240000	240000	110000	110000	93000	14400	
Fäkal- Strepto- kokken	Nidda 1 Rödelheimer Wehr	N	52	0	4	20	20	8
		Mittelwert	3530		1283	6985	1591	866
		Median	913		1265	2350	420	231
		Maximum	46000		2400	46000	9200	4250
	Nidda 2 Harheim	N	50	0	4	18	20	8
		Mittelwert	2669		1636	5665	880	920
Median		405		1118	1315	231	485	
Maximum		46000		4300	46000	9200	4250	

Abbildung 11: Nidda am Rödelheimer Wehr (Nidda 1): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

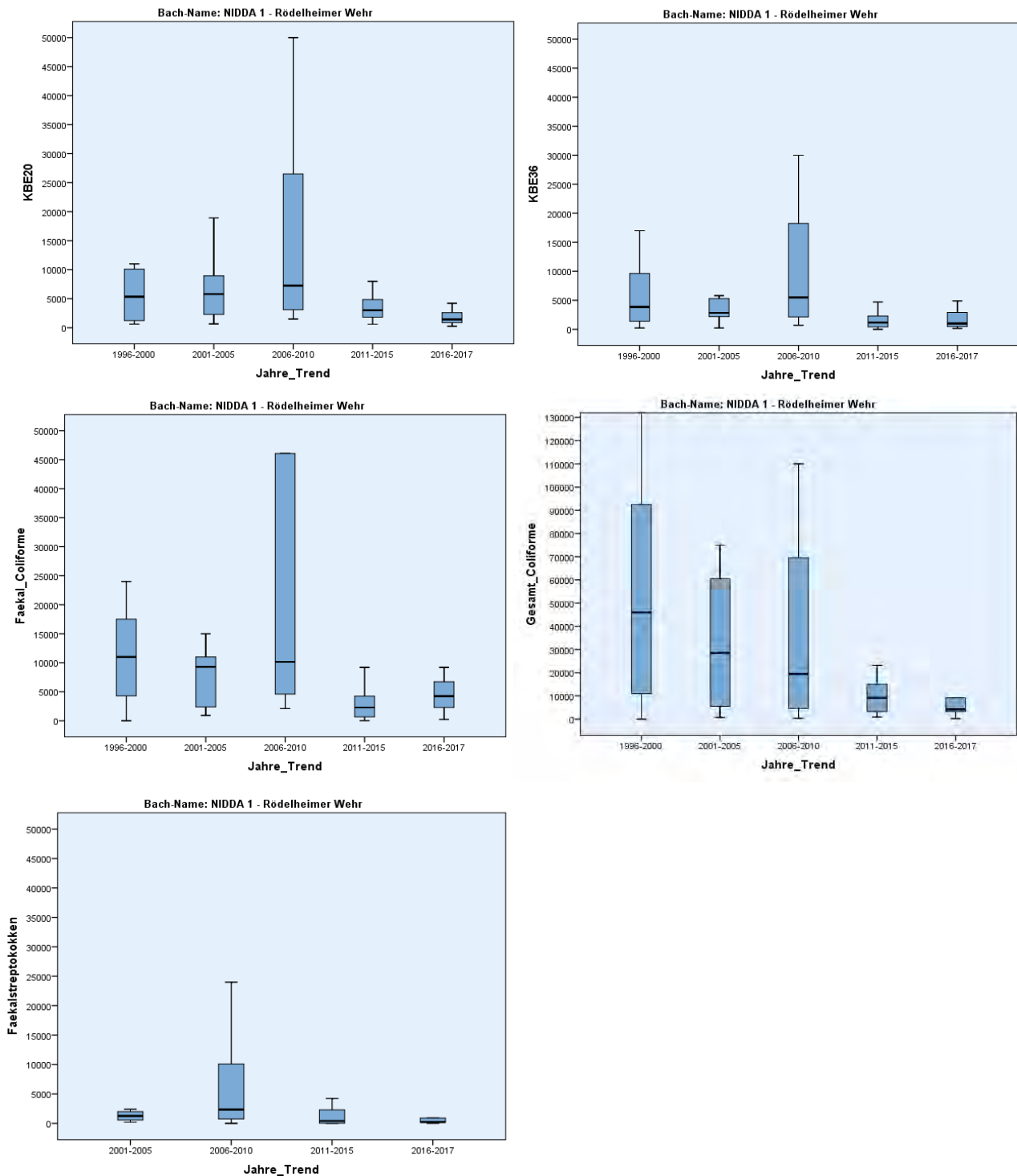
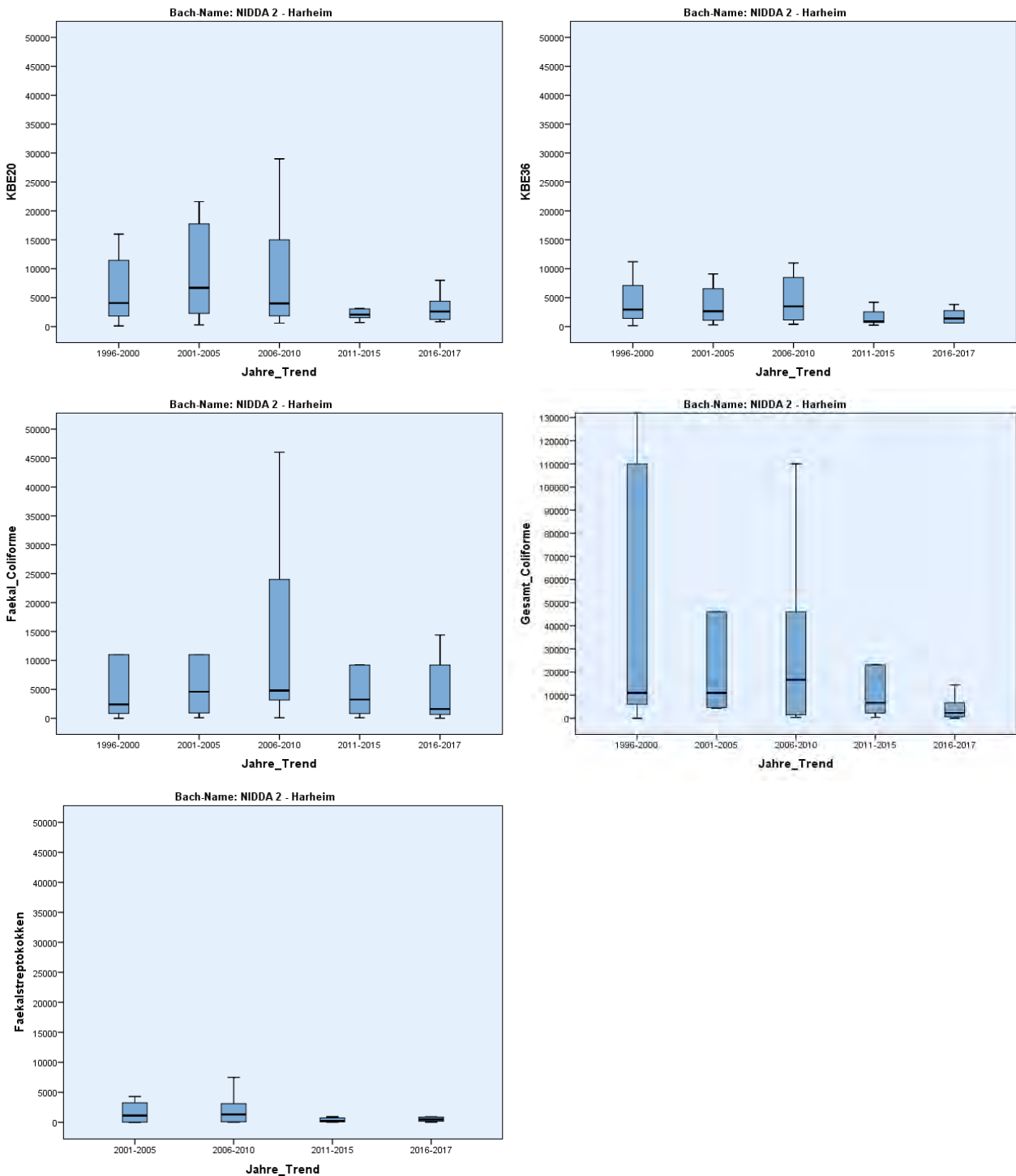


Abbildung 12: Nidda bei Harheim (Nidda 2): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)



Erlenbach

Der Erlenbach, der nordöstlich des Sandplackens am Taunus entspringt, nimmt bei seinem Weg über den Stahlheimer Grund nach Wehrheim und in das Köpperner Tal mehrere Seitenarme auf und vereinigt sich oberhalb von Ober-Erlenbach mit dem Seulbach. Nach Durchfließen von Ober-Erlenbach wird ihm kurz vor Eintritt in die Frankfurter Gemarkung der Ablauf der Kläranlage Ober-Erlenbach zugeführt. Danach fließt der Erlenbach in südöstlicher Richtung in einem naturnahen Bachbett in Richtung des Stadtteils Nieder-Erlenbach, tritt danach in die Gemarkung Bad Vilbel ein, durchfließt Massenheim und mündet westlich von Bad Vilbel außerhalb der Frankfurter Stadtgrenze in die Nidda. Bei einer Gesamtlänge von 30 km entfallen 3,4 km der Fließstrecke auf Frankfurter Stadtgebiet, hier zeigt sich der Erlenbach größtenteils in einem naturnahen Zustand. In der Ortslage Nieder-Erlenbach liegen öffentliche Grünanlagen, Hausgärten und Kleingärten im Uferbereich. Die größten Nebenflüsse des Erlenbachs sind der Seulbach bei Friedrichsdorf oder der Bizzenbach bei Wehrheim. Im Taunus und dem Köpperner Tal münden viele kleinere, meist trockene Bäche. Sie können bei Regen hohe Wassermengen führen und tragen so zu hohen Pegelspitzen bei. Im Bereich des Erlenbachs sind Maßnahmen zur Entwicklung naturnaher Gewässer-, Ufer- und Auenstrukturen sowie zur Herstellung der linearen Durchgängigkeit geplant.

Aufgrund des Kläranlageneinflusses wird der Erlenbach an drei Entnahmestellen beprobt:

- Vor der Kläranlage Ober-Erlenbach
- Direkt nach dem Kläranlagenablauf
- Ca. 1000 m unterhalb des Kläranlagenablaufes in der Ortslage Nieder-Erlenbach am Sportplatz

Ergebnisse zur hygienischen Gewässergüte

Für Messstelle 1, oberhalb der Kläranlage liegt die Eignungsklasse für die Bewässerung bei 3, d. h. Schulsportplätze, öffentliche Parkanlagen, Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr sollten mit diesem Wasser nicht beregnet werden. Bei der Beregnung anderer Sportplätze ist durch Schutzmaßnahmen sicherzustellen, dass Personal und Öffentlichkeit keinen Schaden nehmen. Nicht zum Verzehr bestimmte Gewächshauskulturen, Freilandkulturen für den Rohverzehr bis Fruchtansatz, Gemüse bis zwei Wochen vor der Ernte, Obst und Gemüse zur Konservierung, Grünland bzw. Grünfütterpflanzen bis zwei Wochen vor dem Schnitt oder der Beweidung, alle anderen Freilandkulturen ohne Einschränkung können mit diesem Wasser beregnet werden (Tabelle 7 und Tabelle 8).

Im Ablauf der Kläranlage reduziert sich die Eignungsklasse auf 4, es können nur noch Zuckerrüben, Stärkekartoffeln, Ölfrüchte und Nichtnahrungspflanzen zur industriellen Verarbeitung und Saatgut bis zwei Wochen vor der Ernte, Getreide bis zur Milchreife (nicht zum Rohverzehr) und Futter zur Konservierung bis zwei Wochen vor der Ernte mit diesem Wasser bewässert werden (Tabelle 7 und Tabelle 8).

Salmonellen wurden in den letzten fünf Jahren nur zweimal im Ablauf der Kläranlage nachgewiesen, auch im Erlenbach ist die stark rückläufige Tendenz seit 2012/2013 zu sehen (Tabelle 9).

Tabelle 13: Erlenbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

			Gesamt	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-17
KBE 20	Erlenbach 1	N	77	20	10	20	20	7
		Mittelwert	17166	18263	7733	40030	3407	1499
		Median	4000	11400	3000	7800	2145	1120
		Maximum	490000	68000	22000	490000	10100	3840
	Erlenbach 2	N	75	20	9	20	20	6
		Mittelwert	20564	13832	24889	37925	13114	3483
		Median	9200	9050	16700	10500	7500	3400
		Maximum	450000	75000	90000	450000	95000	4800
	Erlenbach 3	N	78	20	10	20	20	8
Mittelwert		14664	5798	16361	32586	9927	1748	
Median		4550	3450	6770	8500	3000	1545	
	Maximum	390000	40000	50000	390000	120000	3700	
KBE 36	Erlenbach 1	N	78	20	11	20	20	7
		Mittelwert	8260	13253	6795	13844	1102	794
		Median	1685	12700	2700	2700	655	430
		Maximum	160000	40400	46000	160000	5100	2900
	Erlenbach 2	N	75	20	9	20	20	6
		Mittelwert	17526	9412	40784	25231	11948	2593
		Median	5500	5850	8200	7000	6000	2680
		Maximum	240000	73000	240000	230000	120000	3700
	Erlenbach 3	N	78	20	10	20	20	8
Mittelwert		13533	2723	54692	17490	4617	1508	
Median		2900	1700	5050	6700	2650	1115	
	Maximum	460000	15000	460000	140000	34000	3700	
Fäkal-Coliforme	Erlenbach 1	N	80	20	12	20	20	8
		Mittelwert	25465	40532	4490	54786	3234	1539
		Median	1662	13000	1665	1900	423	425
		Maximum	460000	240000	35000	460000	43200	9200
	Erlenbach 2	N	80	20	12	20	20	8
		Mittelwert	54992	36388	40291	97293	50646	28663
		Median	23100	11000	24095	44000	23200	16200
		Maximum	460000	460000	110000	460000	240000	92800
	Erlenbach 3	N	80	20	13	19	20	8
Mittelwert		20490	2916	31385	35021	22778	6494	
Median		9200	1125	21000	11000	6750	3275	
	Maximum	240000	11000	110000	240000	150000	23200	
Gesamt-Coliforme	Erlenbach 1	N	80	20	12	20	20	8
		Mittelwert	42237	109257	21744	39213	6815	1539
		Median	4450	46000	4600	4600	920	425
		Maximum	460000	460000	110000	460000	92800	9200
	Erlenbach 2	N	80	20	12	20	20	8
		Mittelwert	119323	108310	94460	115927	140518	139656
		Median	43000	35000	46000	25873	43000	16200
		Maximum	1100000	460000	460000	1100000	1100000	928000
	Erlenbach 3	N	81	20	13	20	20	8
Mittelwert		49208	19353	124269	54820	41057	8218	
Median		21000	11000	46000	27530	16100	6725	
	Maximum	460000	110000	460000	460000	240000	23200	
Fäkal-Streptokokken	Erlenbach 1	N	51	0	3	20	20	8
		Mittelwert	12289		2567	30549	249	385
		Median	425		1900	1950	149	231
		Maximum	460000		4300	460000	920	1475
	Erlenbach 2	N	53	0	5	20	20	8
		Mittelwert	36593		24880	60591	29310	2128
		Median	4200		2900	4600	4200	1194
		Maximum	1100000		110000	1100000	460000	7400
	Erlenbach 3	N	52	0	4	20	20	8
Mittelwert		7672		3600	12722	4195	5775	
Median		930		2400	2400	669	425	
	Maximum	150000		9300	150000	23000	43200	

Abbildung 13: Erlenbach vor der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Erlenbach 1): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

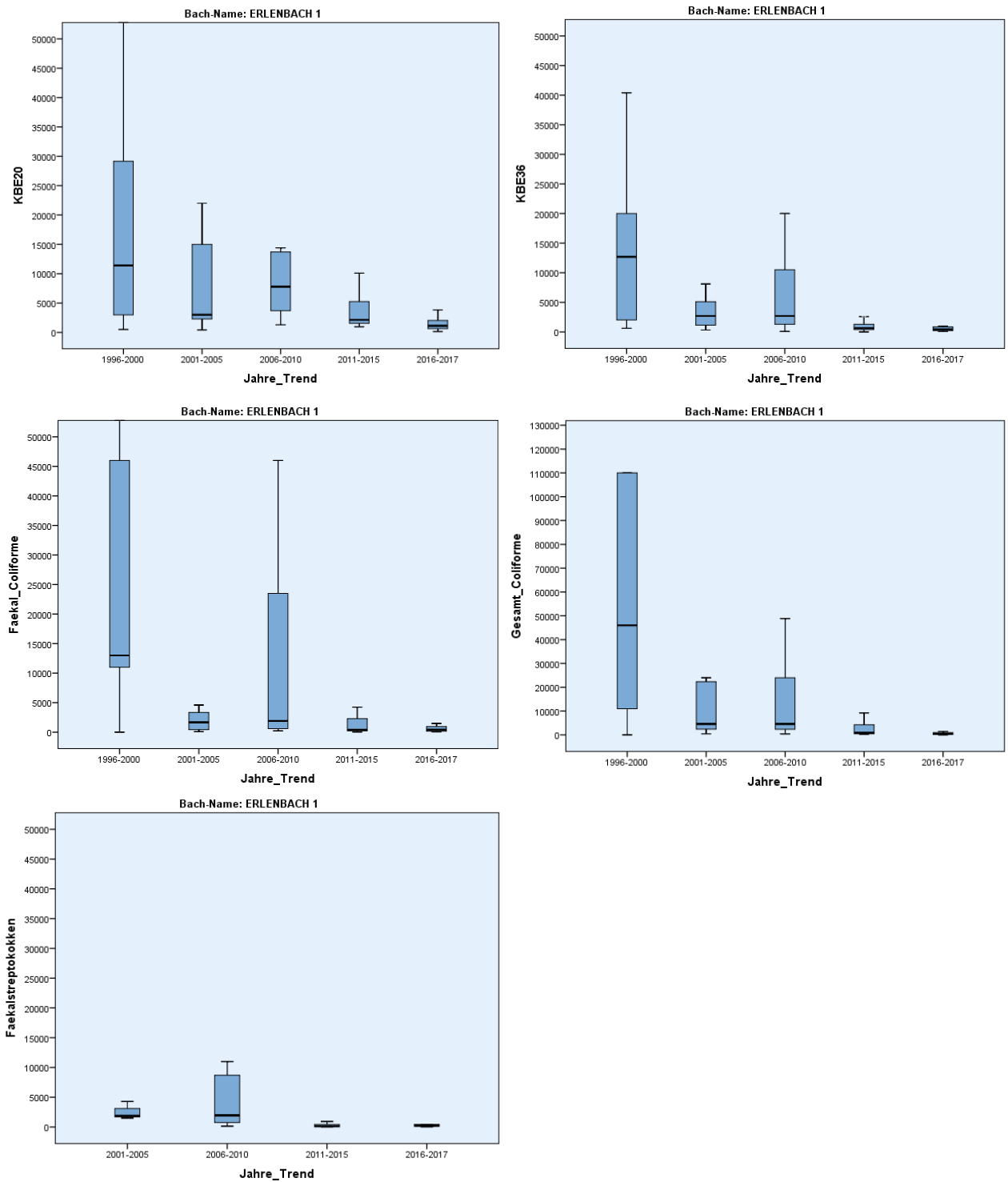
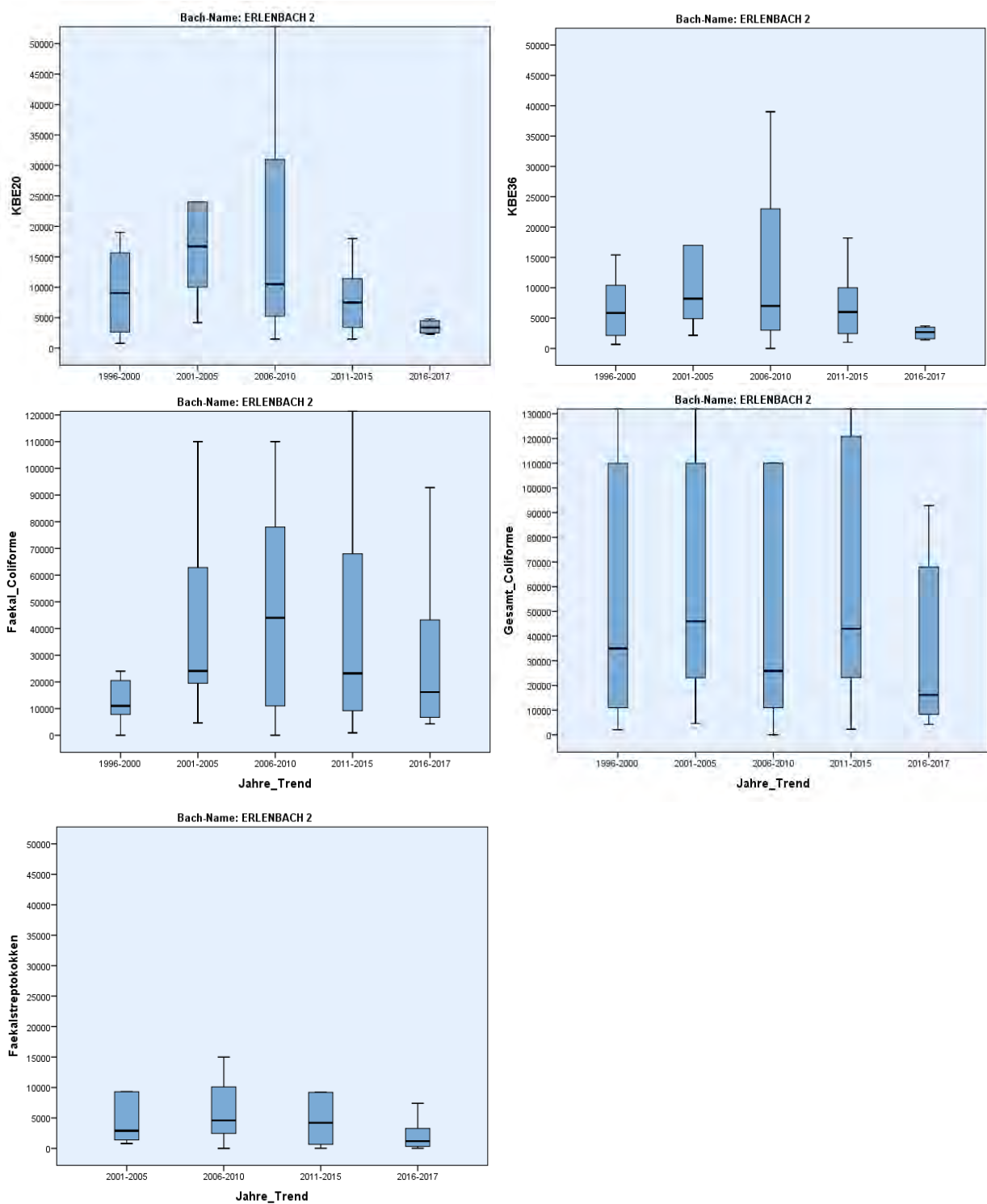
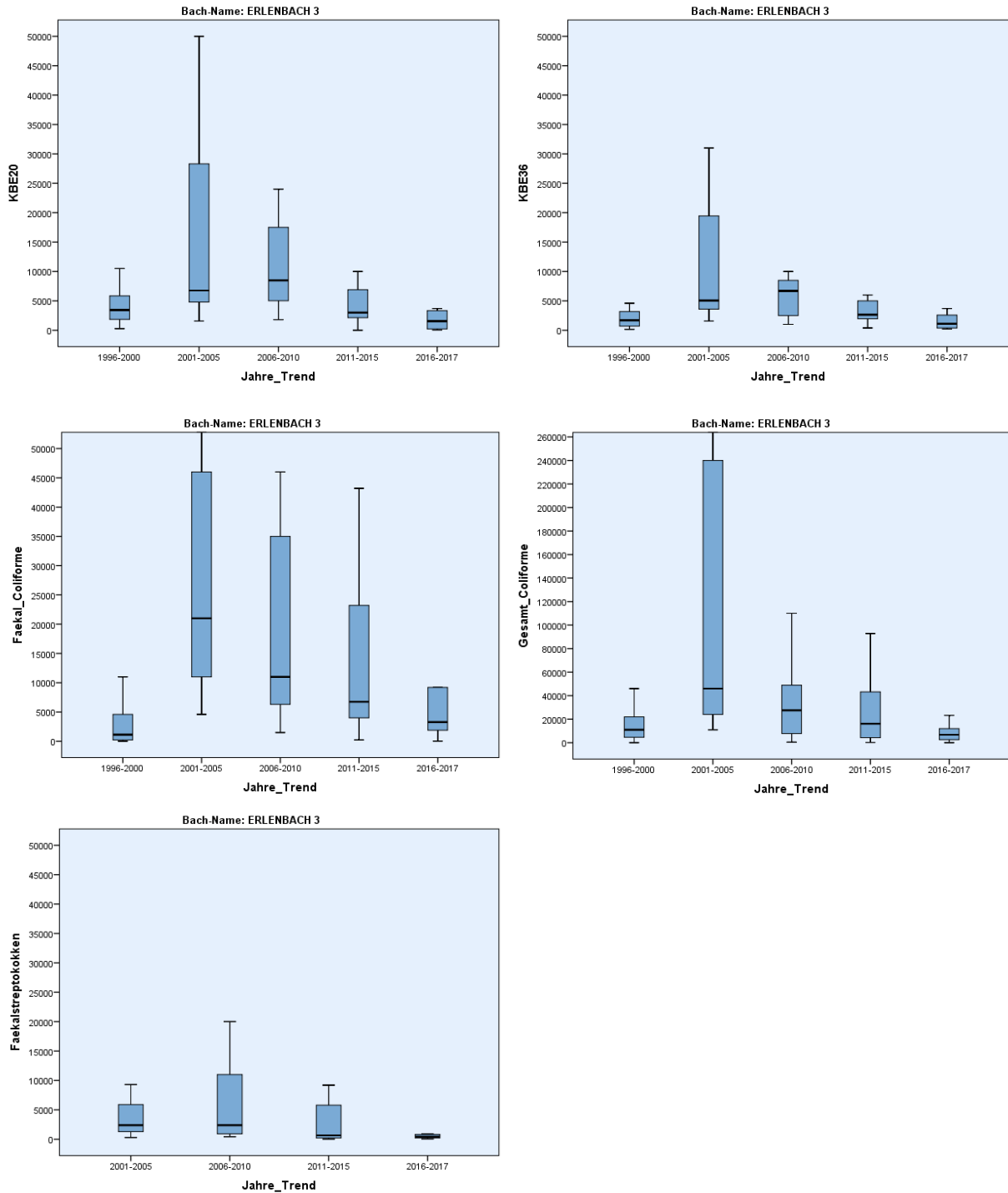


Abbildung 14: Erlenbach direkt nach der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Erlenbach 2): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°Grad, KBE 36°Grad, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)



**Abbildung 15: Erlenbach 1000 m nach der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Erlenbach 3):
Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°Grad, KBE 36°Grad, Fäkal- und
Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in
5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)**



Eschbach

Der Eschbach gliedert sich in seinem Oberlauf in mehrere Seitenarme auf, die in den staatsforstlichen Wäldern von Bad Homburg und dem Stadtwald Bad Homburg entspringen. Das Gewässer durchfließt die Stadt Bad Homburg einschließlich der Stadtteile Gonzenheim und Ober-Eschbach. Am Übertritt in die Frankfurter Gemarkung nimmt der Eschbach den Ablauf der Kläranlage Ober-Eschbach auf. Auf Frankfurter Gebiet fließt der Eschbach in südlicher Richtung am Rande des Stadtteils Nieder-Eschbach entlang, durchquert den Stadtteil Harheim und mündet kurz danach an der Brücke "Harheimer Stadtweg" in die Nidda. Im Stadtgebiet Frankfurt fließt der Eschbach insgesamt auf einer Länge von ca. fünf km. Bereits 1863 wurde er reguliert ausgebaut und zeigt sich heute in der Gemarkung Nieder-Eschbach vollständig ausgebaut, mit nahezu geradlinigem Verlauf. Zwischen Nieder-Eschbach und Harheim ist der Verlauf nach einem naturnahen Umbau wieder mäandrierend. Der früher in Frankfurt-Nieder-Eschbach existierende Mühlgraben wurde im Zuge von Renaturierungsarbeiten trockengelegt, das ehemalige Wehr in eine Sohlschwelle umgewandelt. Im unteren Eschbach sind weitere Maßnahmen zur Entwicklung naturnaher Gewässer-, Ufer- und Auenstrukturen geplant. Den Sommer über fallen die Oberläufe des Eschbaches manchmal trocken oder führen nur minimal Wasser. Der Eschbach führt dann erst unterhalb der Kläranlage wieder ausreichend Wasser.

Aufgrund des Kläranlageneinflusses wurden am Eschbach drei Probenahmestellen beprobt:

- Vor der Kläranlage Nieder-Eschbach
- Direkt nach dem Kläranlagenablauf
- Ca. 1000 m unterhalb des Kläranlagenzulaufes in der Ortslage Harheim

Ergebnisse zur hygienischen Gewässergüte

Für Messstelle eins oberhalb der Kläranlage liegt die Eignungsklasse für die Bewässerung bei 3, d. h. Schulsportplätze, öffentliche Parkanlagen, Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr sollten mit diesem Wasser nicht beregnet werden. Bei der Beregnung anderer Sportplätze ist durch Schutzmaßnahmen sicherzustellen, dass Personal und Öffentlichkeit keinen Schaden nehmen. Nicht zum Verzehr bestimmte Gewächshauskulturen, Freilandkulturen für den Rohverzehr bis Fruchtansatz, Gemüse bis zwei Wochen vor der Ernte, Obst und Gemüse zur Konservierung, Grünland bzw. Grünfütterpflanzen bis zwei Wochen vor dem Schnitt oder der Beweidung, alle anderen Freilandkulturen ohne Einschränkung können mit diesem Wasser beregnet werden.

Im Ablauf der Kläranlage reduziert sich die Eignungsklasse auf 4 (s. Tabelle 7 und Tabelle 8), es können nur noch Zuckerrüben, Stärkekartoffeln, Ölfrüchte und Nichtnahrungspflanzen zur industriellen Verarbeitung und Saatgut bis zwei Wochen vor der Ernte, Getreide bis zur Milchreife (nicht zum Rohverzehr) und Futter zur Konservierung bis zwei Wochen vor der Ernte mit diesem Wasser bewässert werden.

Salmonellen wurden in den letzten fünf Jahren nur zweimal im Ablauf der Kläranlage und einmal 1000 m nach der Kläranlage nachgewiesen, auch im Eschbach ist die deutlich rückläufige Tendenz seit 2012/2013 festzustellen (s. Tabelle 9).

Tabelle 14: Eschbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

		Gesamt	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-17	
KBE 20	Eschbach 1	N	77	20	10	20	20	7
		Mittelwert	14176	4031	33236	29505	3921	1431
		Median	2900	3100	16500	4500	2120	1300
	Eschbach 2	Maximum	413000	28000	120000	413000	17000	2800
		N	72	20	10	20	18	4
		Mittelwert	21447	11018	55858	30525	7173	6405
	Eschbach 3	Median	7450	6600	32200	7400	6000	7150
		Maximum	370000	34350	206480	370000	16000	9400
		N	74	20	10	19	19	6
Eschbach 1	Mittelwert	14640	11923	52402	9037	6565	4070	
	Median	6170	7050	42000	6000	6040	4060	
	Maximum	128920	90600	128920	24000	20300	7400	
KBE 36	Eschbach 1	N	80	20	12	20	20	8
		Mittelwert	6372	1796	12762	13380	2329	816
		Median	1080	1300	1525	1400	825	457
	Eschbach 2	Maximum	110000	5600	72300	110000	21000	2500
		N	72	20	10	20	18	4
		Mittelwert	21960	13699	78969	18589	6890	5405
	Eschbach 3	Median	6850	6150	35000	8100	6000	6550
		Maximum	460000	96000	460000	176000	20000	7100
		N	75	20	11	19	20	5
Eschbach 1	Mittelwert	11855	11072	34366	10595	3965	1804	
	Median	4500	5600	9000	7000	4282	1260	
	Maximum	240000	75000	240000	65000	8000	4000	
Fäkal-Coliforme	Eschbach 1	N	80	20	13	20	19	8
		Mittelwert	8076	1889	20414	14972	1903	916
		Median	930	2250	2400	1773	425	425
	Eschbach 2	Maximum	240000	4600	240000	110000	23200	4250
		N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	60644	30291	113033	77197	44549	50250
	Eschbach 3	Median	23200	15000	15600	24000	18850	30800
		Maximum	1100000	150000	1100000	460000	240000	148800
		N	80	20	13	19	20	8
Eschbach 1	Mittelwert	46910	36218	62708	85244	22874	17019	
	Median	14850	13000	14700	21760	16100	11950	
	Maximum	460000	210000	460000	460000	110400	43200	
Gesamt-Coliforme	Eschbach 1	N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	20195	9112	50735	35034	4300	916
		Median	2400	4600	4300	2400	913	425
	Eschbach 2	Maximum	460000	46000	460000	199000	43200	4250
		N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	140299	76551	445569	70839	89523	104200
	Eschbach 3	Median	46000	46000	46000	40913	92800	30800
		Maximum	4600000	460000	4600000	460000	240000	460800
		N	80	20	13	19	20	8
Eschbach 1	Mittelwert	104208	124558	200331	61514	92208	28531	
	Median	24000	46000	24000	24000	37650	23200	
	Maximum	1100000	1100000	1100000	460000	1100000	92800	
Fäkal-Streptokokken	Eschbach 1	N	52	0	4	20	20	8
		Mittelwert	11821		490	29370	1194	183
		Median	425		465	835	423	64
	Eschbach 2	Maximum	430000		930	430000	14700	913
		N	52	0	4	20	20	8
		Mittelwert	17186		28475	17090	12585	23281
	Eschbach 3	Median	9200		1800	11000	6700	9200
		Maximum	110000		110000	110000	43000	92800
		N	52	0	4	20	20	8
Eschbach 1	Mittelwert	7738		4050	12037	5605	4170	
	Median	4100		3000	4250	3250	2300	
	Maximum	110000		9300	110000	23200	9200	

Abbildung 16: Eschbach vor der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Eschbach 1): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

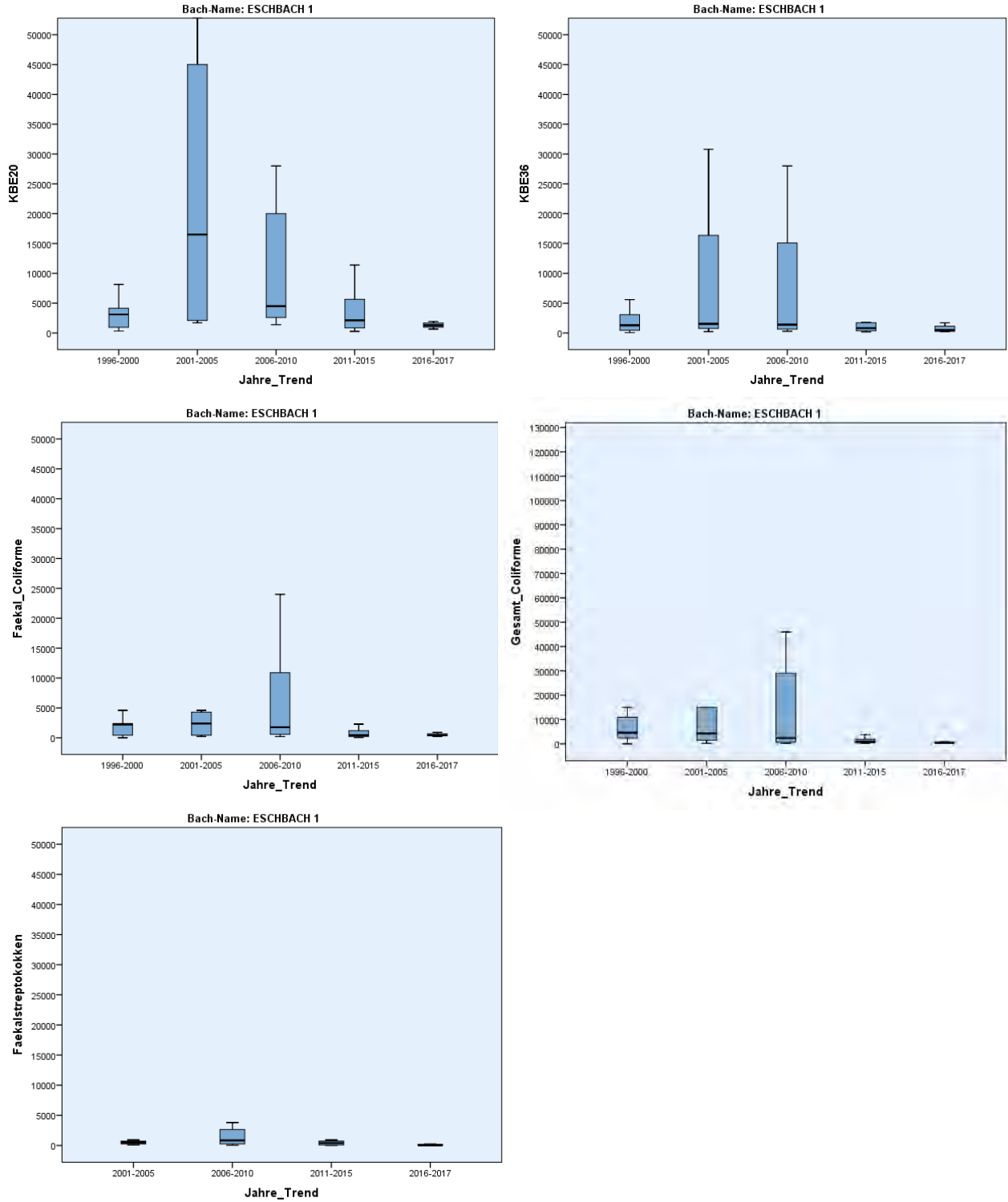
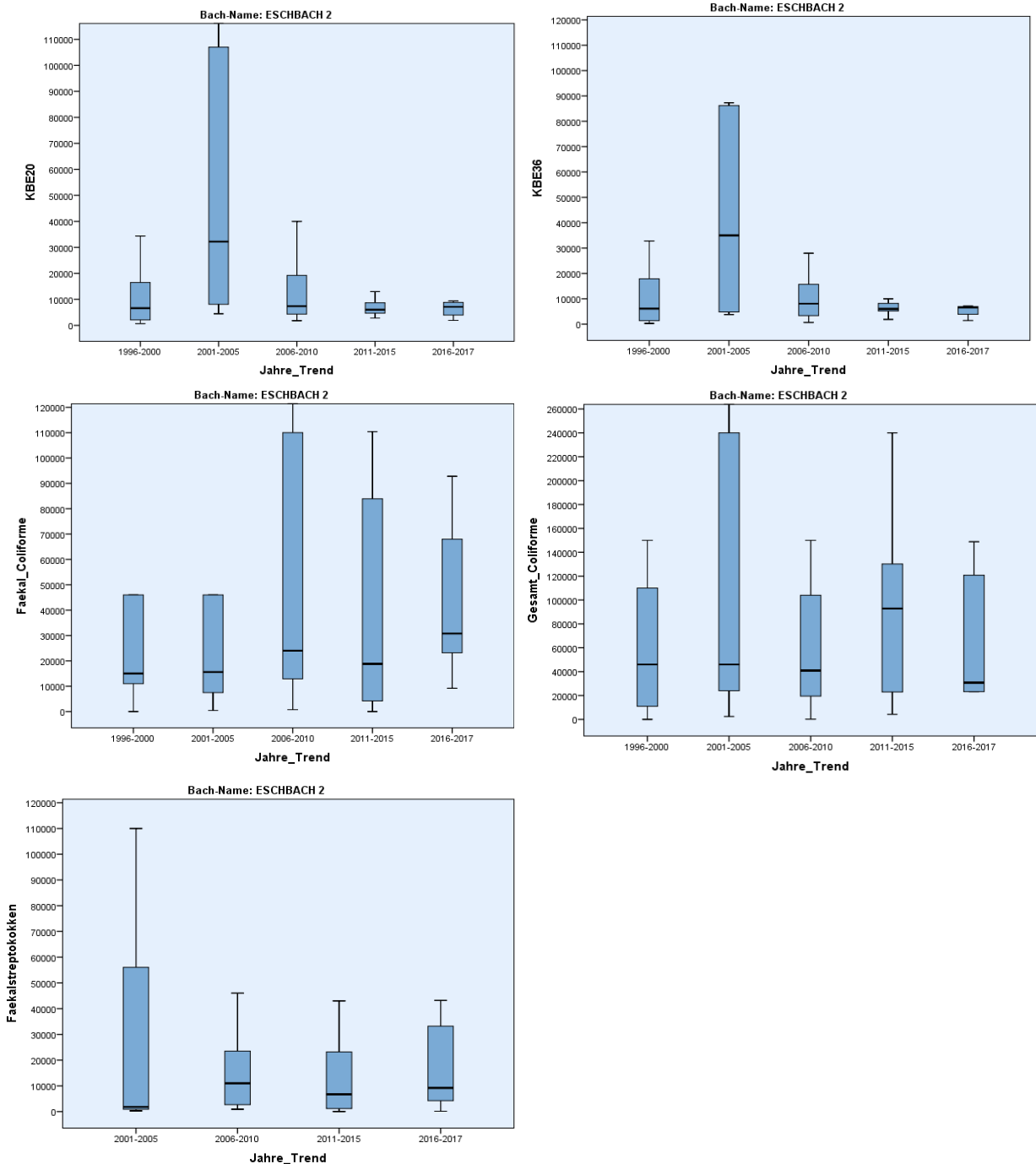
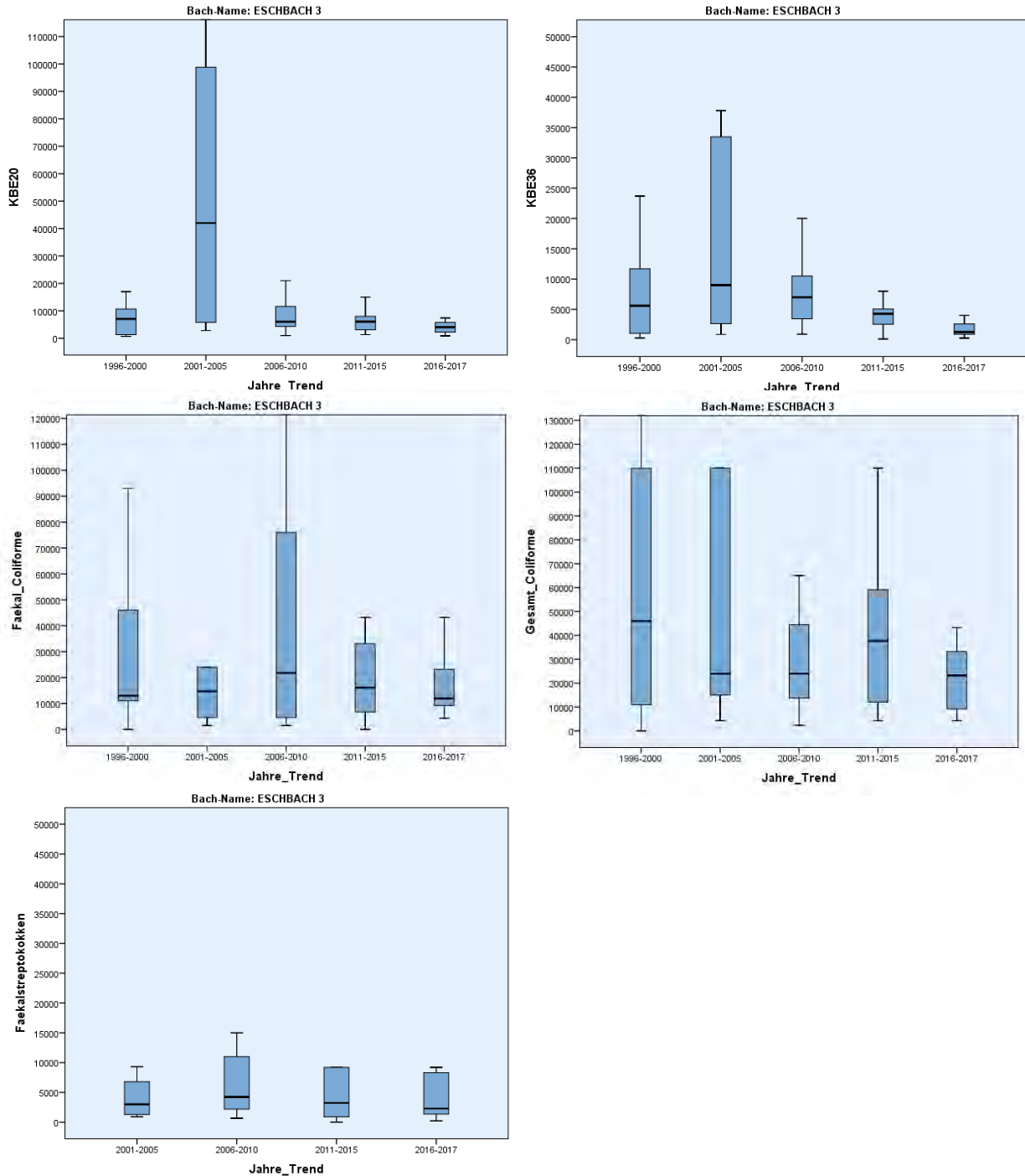


Abbildung 17: Eschbach direkt nach der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Eschbach 2): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)



**Abbildung 18: Eschbach 1000 m nach der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Eschbach 3):
Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-
Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-
Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)**



Urselbach

Beschreibung

Der zahlreiche Gräben und Seitenbäche aufnehmende Urselbach entspringt im Feldberggebiet. Er durchfließt die Stadt Oberursel auf gesamter Länge und tritt kurz vor Niederursel in die Frankfurter Gemarkung ein. Auf eine Gesamtlänge von 18,5 km Fließstrecke entfallen 4,2 km auf das Frankfurter Stadtgebiet.

Unmittelbar vor der Eintrittsstelle befindet sich die Kläranlage Oberursel, deren Abwässer der Urselbach aufnimmt. Am nördlichen Rand des Stadtteils Niederursel entlangfließend, tangiert der Urselbach im weiteren Verlauf das südliche Mertonviertel und mündet kurz unterhalb des Eschersheimer Wehres in die Nidda.

Zwischen Krebsmühle und Hohemühle folgt der Urselbach nach seinem naturnahen Umbau in Höhe der Mönchwiese heute nahezu seinem alten Lauf. In der Ortslage von Niederursel zweigen drei Mühlgräben seitlich ab. Der Abschnitt des Urselbachs im Mertonviertel wurde in den letzten Jahren naturnah umgebaut und abwechslungsreich gestaltet.

Wegen des Kläranlageneinflusses sind auch hier drei Probenahmestellen festgelegt:

- Vor der Kläranlage Weißkirchen, ab 2013 an der Untermühle
- Direkt nach dem Kläranlagenablauf
- Ca. 1250 m im Abstrom der Kläranlage in der Ortslage Niederursel, ab 2013 am Faulbrunnen

Ergebnisse zur hygienischen Gewässergüte

Für Messstelle eins oberhalb der Kläranlage liegt die Eignungsklasse für die Bewässerung bei 3, d. h. Schulsportplätze, öffentliche Parkanlagen, Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr sollten mit diesem Wasser nicht beregnet werden. Bei der Beregung anderer Sportplätze ist durch Schutzmaßnahmen sicherzustellen, dass Personal und Öffentlichkeit keinen Schaden nehmen. Nicht zum Verzehr bestimmte Gewächshauskulturen, Freilandkulturen für den Rohverzehr bis Fruchtansatz, Gemüse bis zwei Wochen vor der Ernte, Obst und Gemüse zur Konservierung, Grünland bzw. Grünfütterpflanzen bis zwei Wochen vor dem Schnitt oder der Beweidung, alle anderen Freilandkulturen ohne Einschränkung können mit diesem Wasser beregnet werden (s. Tabelle 7, Tabelle 8).

Im Ablauf der Kläranlage reduziert sich die Eignungsklasse auf 4, es können nur noch Zuckerrüben, Stärkekartoffeln, Ölfrüchte und Nichtnahrungspflanzen zur industriellen Verarbeitung und Saatgut bis zwei Wochen vor der Ernte, Getreide bis zur Milchreife (nicht zum Rohverzehr) und Futter zur Konservierung bis zwei Wochen vor der Ernte mit diesem Wasser bewässert werden.

Salmonellen wurden in den letzten fünf Jahren nur zweimal im Ablauf der Kläranlage und einmal 1250 m nach der Kläranlage nachgewiesen, auch im Urselbach ist die deutlich rückläufige Tendenz seit 2012/2013 festzustellen (s. Tabelle 9).

Tabelle 15: Urselbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

			Gesamt	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-17
KBE 20	Urselbach 1	N	78	20	10	20	20	8
		Mittelwert	4838	3189	14795	5263	2508	1280
		Median	2500	2300	5120	3350	1570	920
		Maximum	58380	8200	58380	18000	8000	4400
	Urselbach 2	N	77	20	10	20	20	7
		Mittelwert	18452	6350	59249	24505	7799	7894
		Median	7700	5600	26000	10000	5800	10000
		Maximum	240800	27800	240800	238000	22000	10000
	Urselbach 3	N	76	20	10	20	20	6
Mittelwert		22842	9046	30600	53265	7494	5650	
Median		7650	8400	15790	11500	5900	5550	
	Maximum	785000	36900	144400	785000	32000	8500	
KBE 36	Urselbach 1	N	79	20	11	20	20	8
		Mittelwert	3675	1996	5245	8886	639	272
		Median	820	1310	1500	1700	445	203
		Maximum	133000	8200	30270	133000	2800	720
	Urselbach 2	N	77	20	10	20	20	7
		Mittelwert	14380	6766	50298	16435	4728	6526
		Median	5900	3350	27850	9000	4450	8000
		Maximum	168400	31500	168400	119000	14000	10000
	Urselbach 3	N	76	20	10	20	20	6
Mittelwert		22564	9046	30600	53265	6956	3923	
Median		7550	8400	15790	11500	4150	2540	
	Maximum	785000	36900	144400	785000	32000	9500	
Fäkal-Coliforme	Urselbach 1	N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	3933	3095	2557	9194	1571	1014
		Median	930	1500	2100	2290	425	425
		Maximum	110000	11000	11000	110000	9200	2300
	Urselbach 2	N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	47505	25032	30533	95620	24863	67588
		Median	23200	11000	24000	46000	9200	33200
		Maximum	460000	110000	110000	460000	148800	240000
	Urselbach 3	N	78	20	10	20	20	8
Mittelwert		14028	5169	36335	14965	7652	21888	
Median		5200	4950	10800	8000	2700	11950	
	Maximum	150000	15000	150000	102000	43200	92800	
Gesamt-Coliforme	Urselbach 1	N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	9753	9535	16099	16783	2313	1014
		Median	2300	4600	2400	4200	920	425
		Maximum	110000	46000	110000	110000	9200	2300
	Urselbach 2	N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	133701	78851	113623	184775	130455	183888
		Median	57900	46000	110000	125700	33100	68000
		Maximum	1100800	460000	240000	1100000	1100000	1100800
	Urselbach 3	N	81	20	13	20	20	8
Mittelwert		43820	23626	55541	73791	35197	21888	
Median		11000	11000	11000	24000	9200	11950	
	Maximum	460000	110000	240000	460000	240000	92800	
Fäkal-Streptokokken	Urselbach 1	N	52	0	4	20	20	8
		Mittelwert	22471		40800	30063	8677	28813
		Median	9200		26300	15000	6725	23200
		Maximum	110000		110000	110000	42000	92800
	Urselbach 2	N	52	0	4	20	20	8
		Mittelwert	11189		2750	16591	9237	6786
		Median	4225		2550	4600	2300	4250
		Maximum	110000		4300	110000	92800	23200
	Urselbach 3	N	42	0	4	18	13	7
Mittelwert		29160		3940	4198	86205	1819	
Median		580		3200	580	420	231	
	Maximum	1100000		9300	46000	1100000	9200	

Abbildung 19: Urselbach vor der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Urselbach 1): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

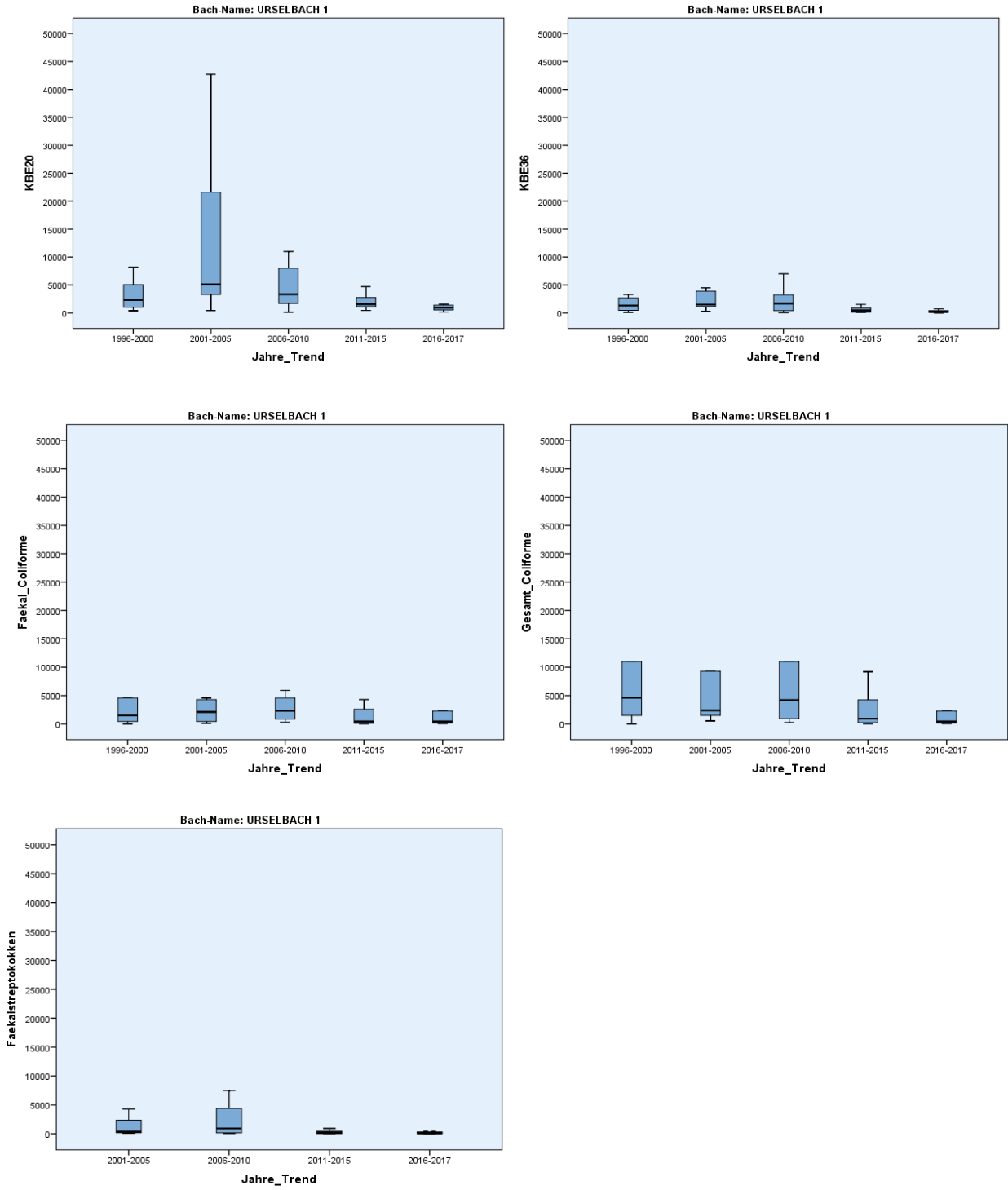
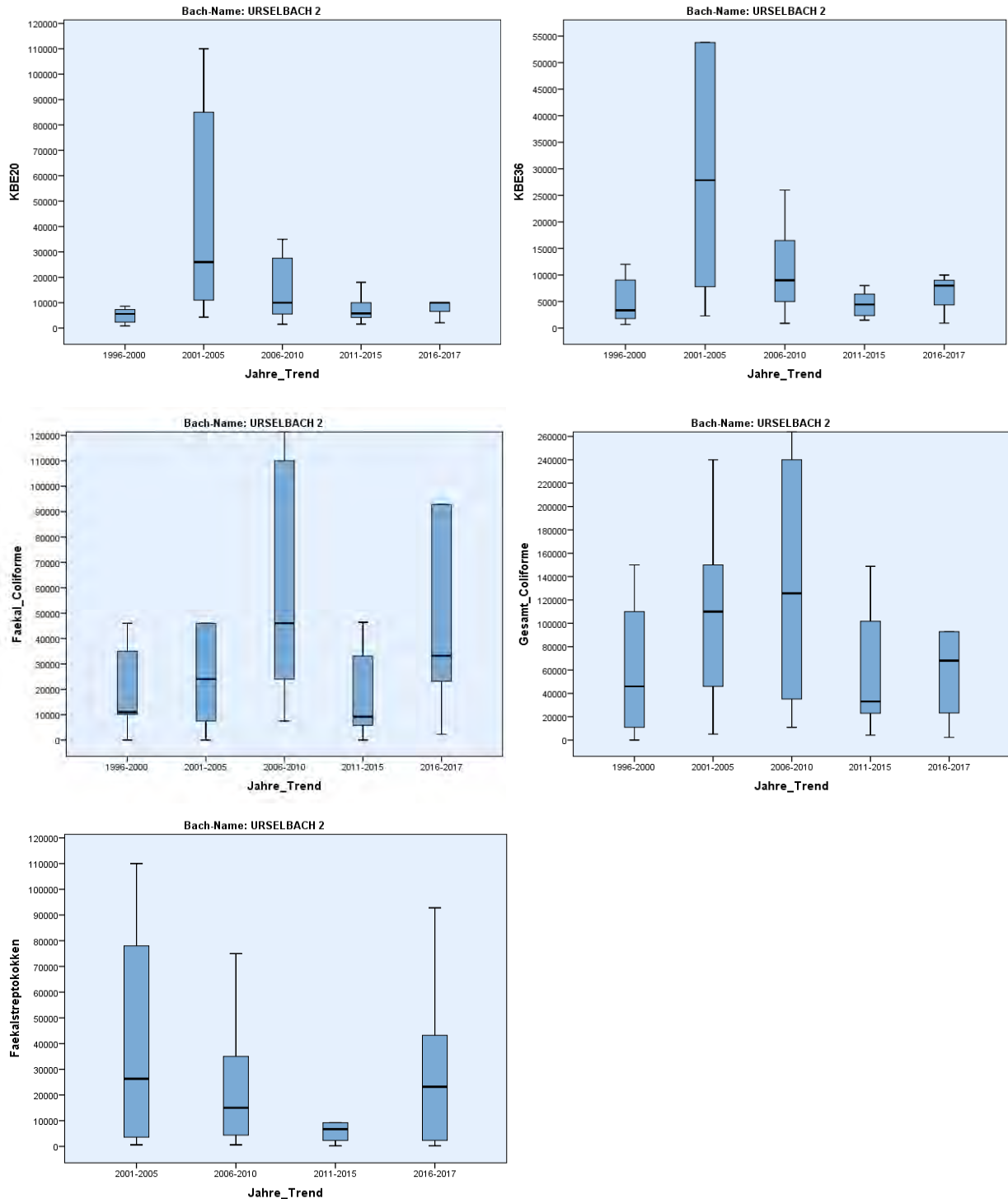
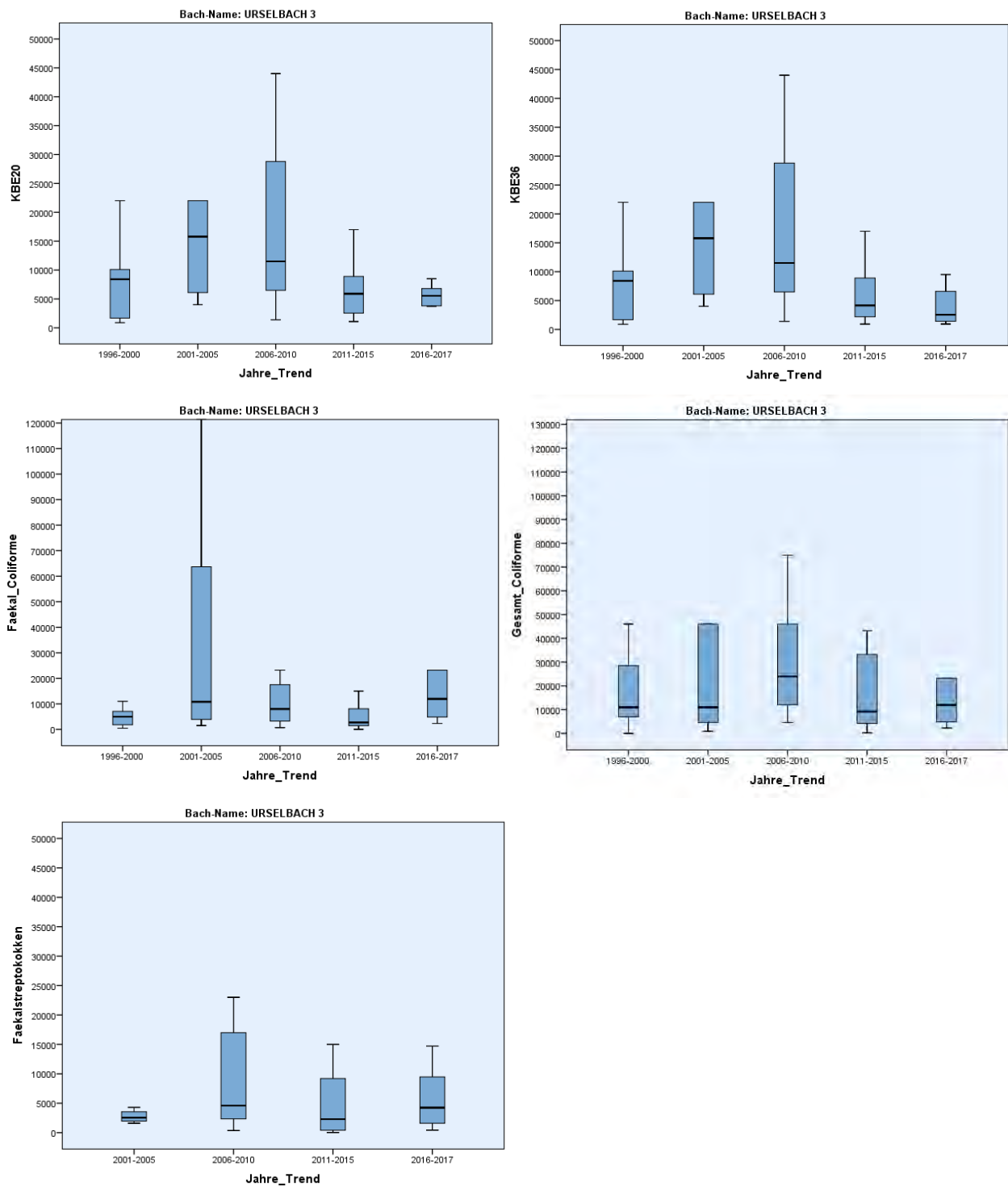


Abbildung 20: Urselbach direkt nach der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Urselbach 2): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°Grad, KBE 36°Grad, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)



**Abbildung 21: Urselbach 1250 m nach der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Urselbach 3):
 Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°Grad, KBE 36°Grad, Fäkal- und
 Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in
 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)**



Sulzbach

Beschreibung

Der Sulzbach entspringt westlich des Johanniswaldes und südlich von Königstein-Mammolshain (innerhalb der Gemarkung von Bad Soden). Er fließt in süd-südöstlicher Richtung durch den Stadtteil Bad Soden-Altenhain. Anschließend durchquert er in südöstlicher Richtung die Städte Bad Soden und Sulzbach (Taunus). Unterhalb des Ortsteils Sulzbach kommt der in mehrere Seitenarme aufgegliederte Schwalbach hinzu, der die Abwässer des Abwasserverbandes Kronberg aufnimmt (25.700 EW). Danach durchfließt er eine Strecke mit Wiesen und Feldern, um nach der Unterquerung der Bundesautobahn 66 das Stadtgebiet von Frankfurt am Main zu erreichen. Im Gebiet des Stadtteils Frankfurt-Sossenheim mündet der Sulzbach am südwestlichen Rand des Sossenheimer Unterfeldes, unmittelbar westlich der Wohnsiedlung „Im Mittleren Sand“ in die Nidda. Auf Frankfurter Stadtgebiet fließt er auf einer Länge von 2,7 km. Der Gewässerentwicklungsplan für den Sulzbach sieht für die nächsten Jahre eine ökologische Aufwertung des vorhandenen Profils mit einer Reihe von Maßnahmen vor.

Die Entnahme der Proben erfolgt unterhalb der Ortslage Sulzbach.

Ergebnisse zur hygienischen Gewässergüte

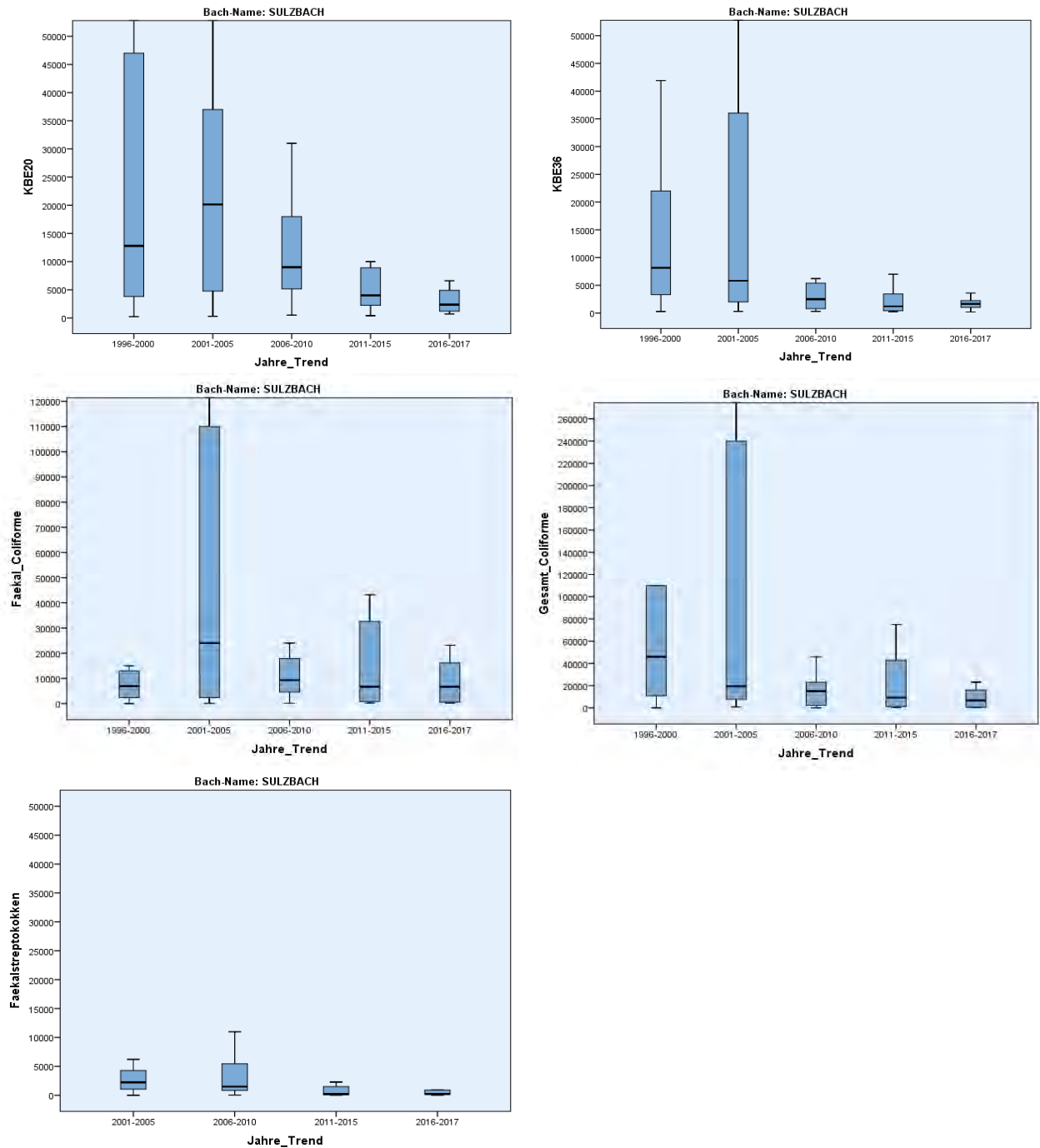
Die Eignungsklasse 3 für die Bewässerung mit Sulzbachwasser kann gerade noch so aufgezeigt werden, wobei (ausgehend von den E. coli-Nachweisen) eine Tendenz zur Verschlechterung in Richtung Eignungsklasse 4 zu sehen ist (s. Tabelle 8). D. h. Schulsportplätze, öffentliche Parkanlagen, Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr sollten mit diesem Wasser nicht beregnet werden. Bei der Beregnung anderer Sportplätze ist durch Schutzmaßnahmen sicherzustellen, dass Personal und Öffentlichkeit keinen Schaden nehmen. Nicht zum Verzehr bestimmte Gewächshauskulturen, Freilandkulturen für den Rohverzehr bis Fruchtansatz, Gemüse bis zwei Wochen vor der Ernte, Obst und Gemüse zur Konservierung, Grünland bzw. Grünfütterpflanzen bis zwei Wochen vor dem Schnitt oder der Beweidung, alle anderen Freilandkulturen ohne Einschränkung können mit diesem Wasser beregnet werden.

Salmonellen wurden in den letzten sechs Jahren gar nicht mehr nachgewiesen, auch hier ist eine deutliche Verbesserung im Vergleich zum vorangegangenen Berichtszeitraum festzustellen (s. Tabelle 9).

Tabelle 16: Sulzbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

			Gesamt	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-17
KBE 20	Sulzbach	N	76	18	12	19	20	7
		Mittelwert	40259	65417	29578	23203	53226	3124
		Median	7000	12800	20150	9000	4000	2370
		Maximum	920000	450000	123200	228900	920000	6600
KBE 36	Sulzbach	N	77	18	12	19	20	8
		Mittelwert	20331	33667	18863	13575	23076	1707
		Median	2400	8150	5814	2500	1210	1650
		Maximum	420000	240000	57600	158450	420000	3600
Fäkal-Coliforme	Sulzbach	N	79	20	13	18	20	8
		Mittelwert	57275	87279	64661	24094	68240	17506
		Median	9200	6950	24000	9288	6725	6725
		Maximum	1100000	1100000	240000	242000	1100000	92800
Gesamt-Coliforme	Sulzbach	N	77	20	12	17	20	8
		Mittelwert	161437	410739	178319	27546	73387	17506
		Median	15000	46000	19500	15000	9200	6725
		Maximum	4600000	4600000	1100000	242000	1100000	92800
Fäkal-Streptokokken	Sulzbach	N	51	0	4	19	20	8
		Mittelwert	24023		2676	4465	56138	861
		Median	913		2250	1500	231	231
		Maximum	1100000		6200	24000	1100000	4250

Abbildung 22: Sulzbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)



Kalbach

Beschreibung

Der Kalbach hat seinen Ursprung am Südhang des Taunus auf Oberurseler Gemarkung. Er durchfließt in Frankfurt die Gemarkungen Kalbach und Bonames, bevor er in den westlichen Teil des Bonameser Altarmes der Nidda mündet. Von seiner Gesamtlängstrecke von 5,4 km liegen 3,6 km auf Frankfurter Stadtgebiet. Die Sohle des Kalbaches ist über weite Strecken innerorts mit Betonplatten ausgekleidet. Der Kalbach nimmt Wasser von mehreren Entwässerungsgräben auf, der größte Zufluss ist hierbei die Kätcheslach, ein Graben, welcher der Entwässerung versiegelter Flächen in der Riedberg-Siedlung dient. Durch die Neubaugebiete nahmen die Regenwassereinleitungen in die Kätcheslach stark zu, konnten aber durch ein Regenwasserbewirtschaftungskonzept und den Bau von offenen Rückhalte-Mulden mit zum Teil vorgeschalteten Absetzbecken gedrosselt werden. Nach Unterquerung der A 661 von Nordwesten erreicht der Bach das Landschaftsschutzgebiet des Frankfurter Grüngürtels. Dort wird ein Teil des Gewässers abgeleitet, um das Feuchtgebiet am Alten Flugplatz Bonames zu speisen. Kurz vor der Mündung hat der Kalbach einen weiteren Zufluss, den Schwarzen Kalbach. Südlich von Bonames mündet der Kalbach schließlich in einen durch Renaturierungsmaßnahmen wieder an den Fluss angeschlossenen Bonameser Nidda-Altarm. (http://flussgebiete.hessen.de/fileadmin/dokumente/5_service/kommunaler_leitfaden_101202.pdf)

Die Probenahmestelle des Kalbaches befindet sich im Stadtpark Kalbach an der Fußgängerbrücke.

Wenn keine Ergebnisse vorliegen, war eine Probenahme auf Grund Trockenfallens des Gewässers nicht möglich.

Ergebnisse zur hygienischen Wassergüte

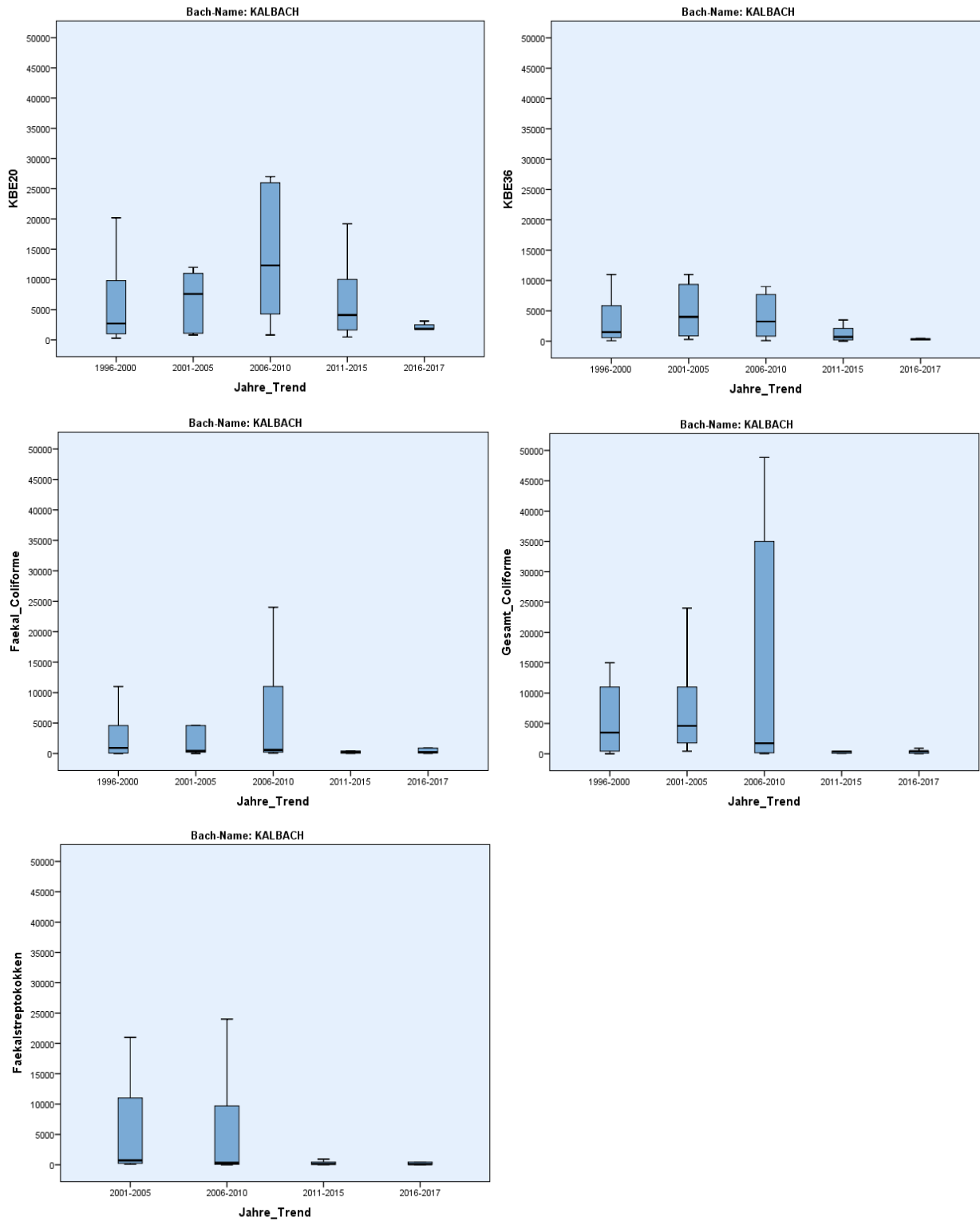
Das Wasser des Kalbachs kann in die Eignungskategorie 3 für das Bewässern eingeordnet werden, d. h. Schulsportplätze, öffentliche Parkanlagen, Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr sollten mit diesem Wasser nicht beregnet werden. Bei der Beregnung anderer Sportplätze ist durch Schutzmaßnahmen sicherzustellen, dass Personal und Öffentlichkeit keinen Schaden nehmen. Nicht zum Verzehr bestimmte Gewächshauskulturen, Freilandkulturen für den Rohverzehr bis Fruchtansatz, Gemüse bis zwei Wochen vor der Ernte, Obst und Gemüse zur Konservierung, Grünland bzw. Grünfütterpflanzen bis zwei Wochen vor dem Schnitt oder der Beweidung, alle anderen Freilandkulturen ohne Einschränkung können mit diesem Wasser beregnet werden (s. Tabelle 1 und Tabelle 8).

In den letzten acht Jahren wurden keine Salmonellen nachgewiesen, wobei im Kalbach seit Beginn der Untersuchungen insgesamt nur sehr selten Salmonellen nachweisbar waren (s. Tabelle 9).

Tabelle 17: Kalbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

			Gesamt	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-17
KBE 20	Kalbach	N	72	20	10	20	17	5
		Mittelwert	99737	6810	19115	336263	7012	1852
		Median	4850	2700	7600	12328	4100	1800
		Maximum	6000000	32000	137000	6000000	19200	3100
KBE 36	Kalbach	N	73	20	11	20	17	5
		Mittelwert	23696	4500	9905	75273	1398	327
		Median	900	1500	4000	3237	700	300
		Maximum	1140000	22300	46000	1140000	7900	490
Fäkal-Coliforme	Kalbach	N	75	20	13	20	17	5
		Mittelwert	10540	3746	11423	27720	619	436
		Median	430	930	430	590	231	231
		Maximum	240000	24000	110000	240000	4200	913
Gesamt-Coliforme	Kalbach	N	75	20	13	20	17	5
		Mittelwert	25918	10138	44475	56098	2297	377
		Median	1475	3500	4600	1743	381	425
		Maximum	460000	110000	460000	460000	23000	913
Fäkal-Streptokokken	Kalbach	N	46	0	4	20	17	5
		Mittelwert	17406		5625	38607	295	201
		Median	230		715	315	150	91
		Maximum	460000		21000	460000	920	425

Abbildung 23: Sulzbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)



Königsbach

Der Königsbach, auch unter dem Namen Luderbach geführt, entspringt in der Nähe von Gut Neuhof in Dreieich. Zuflüsse zum Bach stammen aus verschiedenen Überläufen der Teiche im Osten des Oberwaldes (z. B. Kesselbruchweiher, Scherbelinowiher). Im Frankfurter Stadtwald durchfließt er, bei einer Gesamtstrecke von 2,5 km dann den Jacobiweiher, der ursprünglich als Hochwasserrückhaltebecken erbaut wurde. Im weiteren Verlauf zeigt sich der Bach in einem naturnahen Zustand mit einer leicht geschlängelten Linienführung und wird, etwa ab der Kennedy-Allee verrohrt, entlang der Eisenbahnlinie in Richtung Main geführt. Der letzte Teil des Baches vor der Mündung fällt in den Sommermonaten häufig trocken. Schließlich mündet der Königsbach in Höhe der Main-Neckar-Brücke in Niederrad in den Main. Er ist insgesamt 13,7 km lang, etwa 5,9 km des Bachs fließen in Frankfurter Stadtgebiet. Der „Steckbrief Oberflächenwasserkörper nach WRRL“ sieht Maßnahmen im Bereich der Entwicklung naturnaher Gewässer-, Ufer- und Auenstrukturen, hier vor allem die Herstellung der linearen Durchgängigkeit für den Königsbach vor.

Die Probenahmestelle befand sich an der Straßenbahnhaltestelle „Louisa“, seit 2013 am Ziegelhüttenweg.

Ergebnisse zur hygienischen Wassergüte

Das Wasser des Königsbachs kann in die Eignungsklasse 3 für das Bewässern eingeordnet werden, d. h. Schulsportplätze, öffentliche Parkanlagen, Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr sollten mit diesem Wasser nicht beregnet werden (s. Tabelle 7; Tabelle 8).

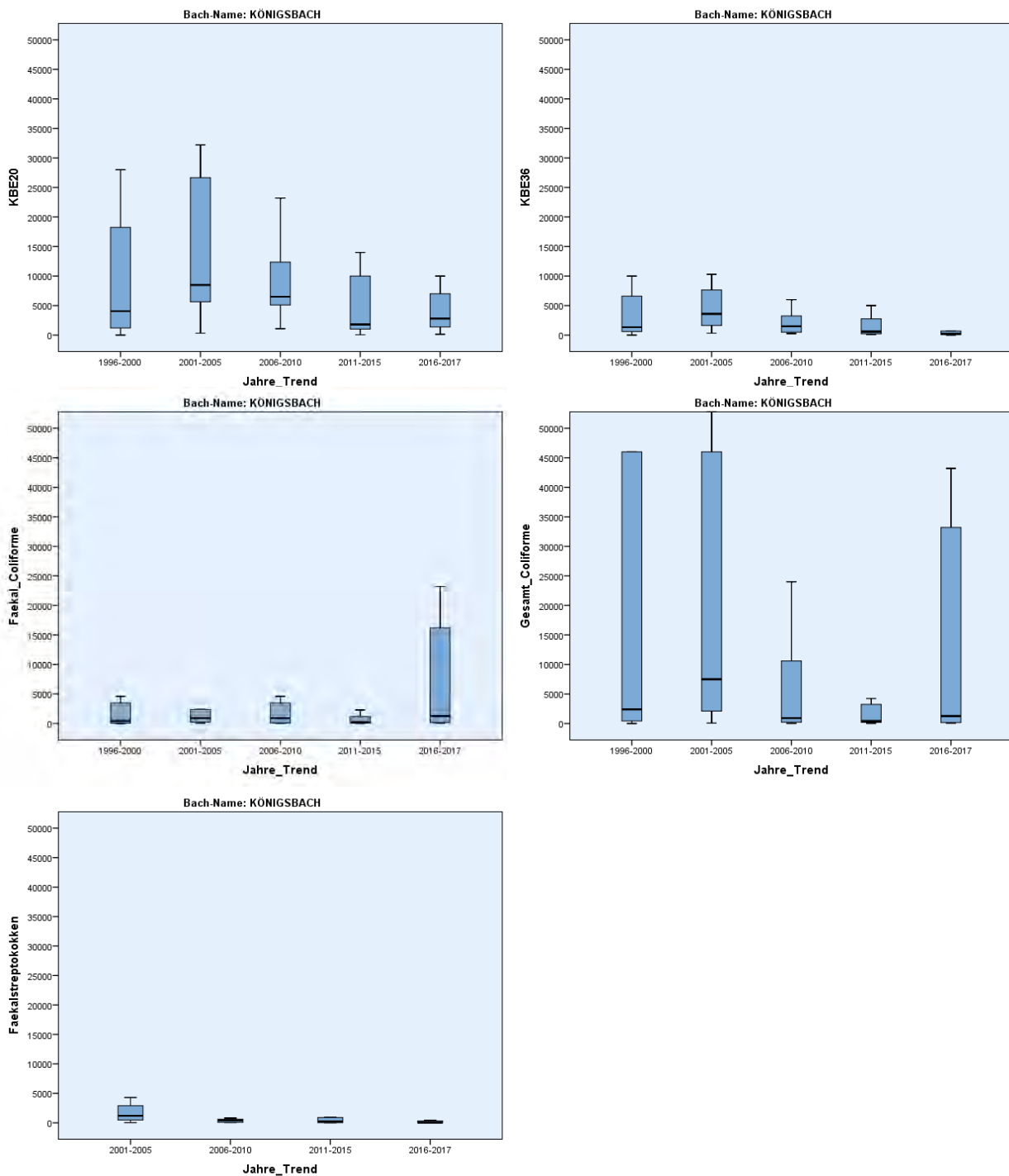
Bei der Beregnung anderer Sportplätze ist durch Schutzmaßnahmen sicherzustellen, dass Personal und Öffentlichkeit keinen Schaden nehmen. Nicht zum Verzehr bestimmte Gewächshauskulturen, Freilandkulturen für den Rohverzehr bis Fruchtansatz, Gemüse bis zwei Wochen vor der Ernte, Obst und Gemüse zur Konservierung, Grünland bzw. Grünfütterpflanzen bis zwei Wochen vor dem Schnitt oder der Beweidung, alle anderen Freilandkulturen ohne Einschränkung können mit diesem Wasser beregnet werden.

In den letzten zehn Jahren wurden keine Salmonellen nachgewiesen, wobei im Königsbach seit unseren Untersuchungen insgesamt nur einmal Salmonellen nachweisbar waren (s. Tabelle 9).

Tabelle 18: Königsbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

			Gesamt	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-17
KBE 20	Königsbach	N	76	20	11	19	19	7
		Mittelwert	13251	11334	27898	13130	10230	4242
		Median	5800	4050	8500	6500	1800	2800
		Maximum	183420	65000	183420	70363	62000	10000
KBE 36	Königsbach	N	77	20	12	19	19	7
		Mittelwert	6331	4702	18277	6278	2570	859
		Median	1300	1350	3600	1500	600	210
		Maximum	110000	24500	110000	67273	12800	4200
Fäkal-Coliforme	Königsbach	N	79	20	13	19	19	8
		Mittelwert	7559	11466	5777	7120	1546	16011
		Median	430	430	930	930	231	1266
		Maximum	150000	150000	57000	64050	9200	92800
Gesamt-Coliforme	Königsbach	N	79	20	13	19	19	8
		Mittelwert	19344	20310	39469	20492	3020	20261
		Median	1500	2400	7500	920	425	1266
		Maximum	241960	150000	240000	241960	23000	92800
Fäkal-Streptokokken	Königsbach	N	50	0	4	19	19	8
		Mittelwert	1569		1687	2994	715	153
		Median	230		1200	400	230	36
		Maximum	46000		4300	46000	4200	425

Abbildung 24: Königsbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)



Liederbach

Die am Südhang des Feldbergs entspringenden Bäche Rombach und Reichenbach vereinigen sich in Königsstein/Ts. zum Liederbach. Unterhalb von Liederbach übertritt er die Frankfurter Gemarkungsgrenze und fließt im Frankfurter Stadtgebiet auf 5 km Länge durch die Gemarkungen Unterliederbach und Höchst. Er mündet, nachdem er südlich des Höchster Bahndammes geradlinig und lokal verrohrt den Industriepark Höchst passiert hat, bei km 24 nahe der Leunabrücke nach insgesamt 16 km Fließstrecke in den Main. Im Industriepark Höchst wurden am Liederbach naturnahe Rückbaumaßnahmen vorgenommen, die für die Öffentlichkeit nicht zugänglich sind. Der „Steckbrief Oberflächengewässerkörper nach WRRL“ sieht Maßnahmen im Bereich der Entwicklung naturnaher Gewässer-, Ufer- und Auenstrukturen, hier vor allem die Herstellung der linearen Durchgängigkeit für den Liederbach vor.

Die Probenahmestelle liegt in der Ortslage von Unterliederbach, im Park.

Ergebnisse zur hygienischen Wassergüte

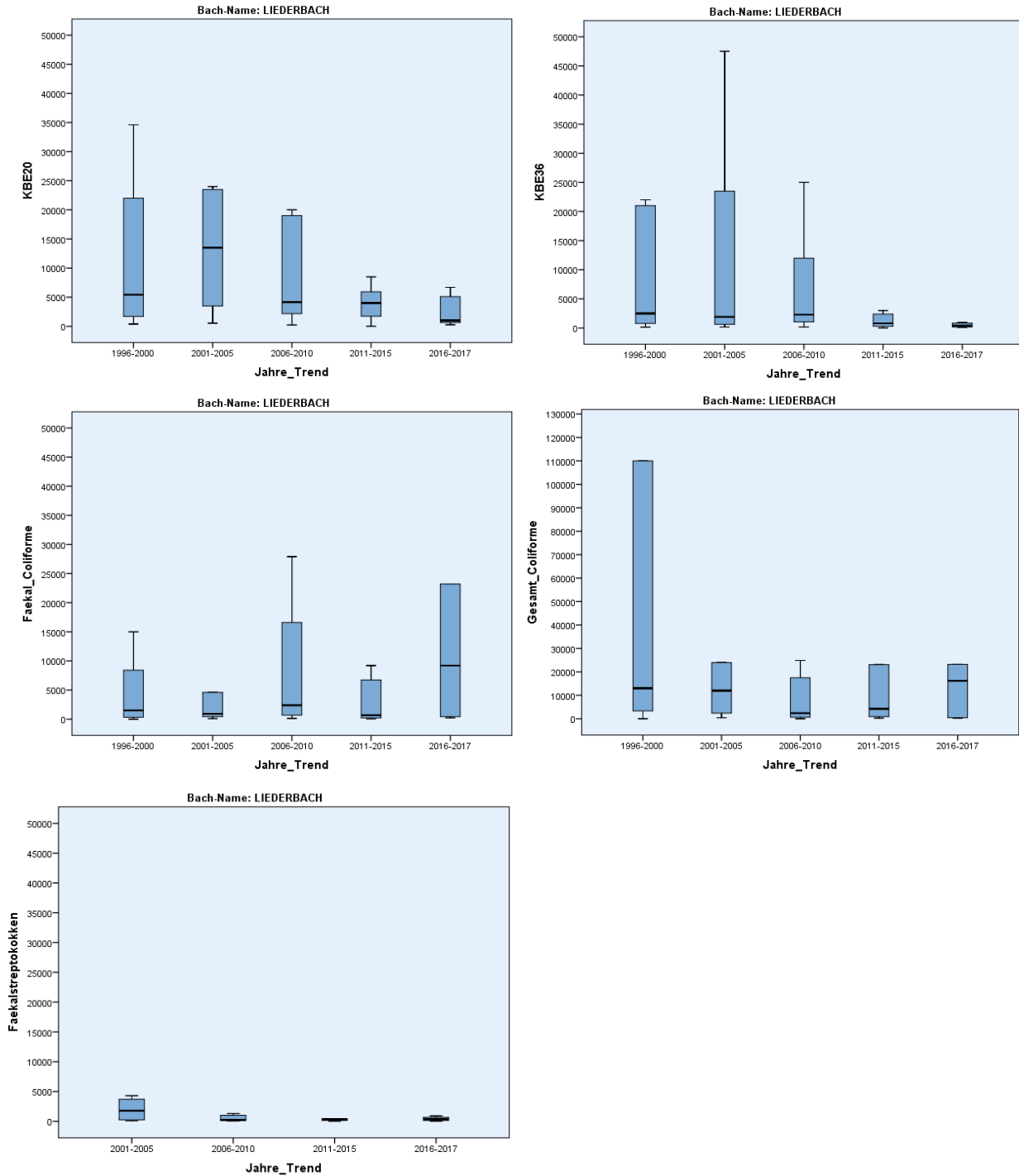
Das Wasser des Liederbachs kann, gerade noch so, in die Eignungsklasse 3 für das Bewässern eingeordnet werden, d. h. Schulsportplätze, öffentliche Parkanlagen, Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr sollten mit diesem Wasser nicht beregnet werden. Bei der Beregnung anderer Sportplätze ist durch Schutzmaßnahmen sicherzustellen, dass Personal und Öffentlichkeit keinen Schaden nehmen. Nicht zum Verzehr bestimmte Gewächshauskulturen, Freilandkulturen für den Rohverzehr bis Fruchtansatz, Gemüse bis zwei Wochen vor der Ernte, Obst und Gemüse zur Konservierung, Grünland bzw. Grünfütterpflanzen bis zwei Wochen vor dem Schnitt oder der Beweidung, alle anderen Freilandkulturen ohne Einschränkung können mit diesem Wasser beregnet werden.

In den letzten zehn Jahren wurden fünfmal Salmonellen nachgewiesen. Betrachtet man die letzten beiden Fünf-Jahres-Zyklen, ist auch hier eine rückläufige Tendenz zu verzeichnen (Tabelle 9).

Tabelle 19: Liederbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

			Gesamt	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-17
KBE 20	Liederbach	N	78	20	11	20	20	7
		Mittelwert	49101	66178	26270	49126	60767	2783
		Median	4500	5425	13500	4150	4000	1000
		Maximum	600000	600000	121000	435000	560000	6700
KBE 36	Liederbach	N	79	20	12	20	20	7
		Mittelwert	20085	29631	12589	27565	14361	641
		Median	1200	2500	1900	2300	800	420
		Maximum	315350	230000	47500	315350	220000	2000
Fäkal-Coliforme	Liederbach	N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	71321	118102	42784	18481	120003	11135
		Median	1990	1500	930	2400	680	9200
		Maximum	1100000	1100000	460000	130000	1100000	23200
Gesamt-Coliforme	Liederbach	N	80	20	13	19	20	8
		Mittelwert	153356	207449	246601	69401	174601	12885
		Median	9200	13000	12000	2400	4250	16200
		Maximum	2400000	1100000	2400000	1100000	1100000	23200
Fäkal-Streptokokken	Liederbach	N	52	0	4	20	20	8
		Mittelwert	14357		1974	1110	35592	578
		Median	276		1765	230	326	328
		Maximum	460000		4300	9200	460000	2300

Abbildung 25: Liederbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)



Rebstockweiher

Der Rebstockweiher ist ein künstlich angelegtes, ruhendes Gewässer ohne Oberflächenzustrom. Er wird ausschließlich aus Grundwasser gespeist. Seine Wasserfläche beträgt 31550 m². Seine maximale Tiefe beträgt ca. 3,5 Meter mit zahlreichen, sehr kalten Grundwasserströmen, daher erklärt sich das strikte Badeverbot mit dem Hinweis auf Lebensgefahr. Die Anlage des Weihers erfolgte in den Jahren 1958-1962 als Teil des Volksparkes Rebstock, der anfallende Aushub wurde im Straßenbau in der näheren Umgebung verwendet. Der Rebstockweiher wird nicht mit Booten befahren, sondern nur als Angelgewässer und als Landschaftselement genutzt. Er verfügt neben dem Fischbesatz auch über einen nennenswerten Besatz mit Wasservögeln.

Ergebnisse zur hygienischen Wassergüte

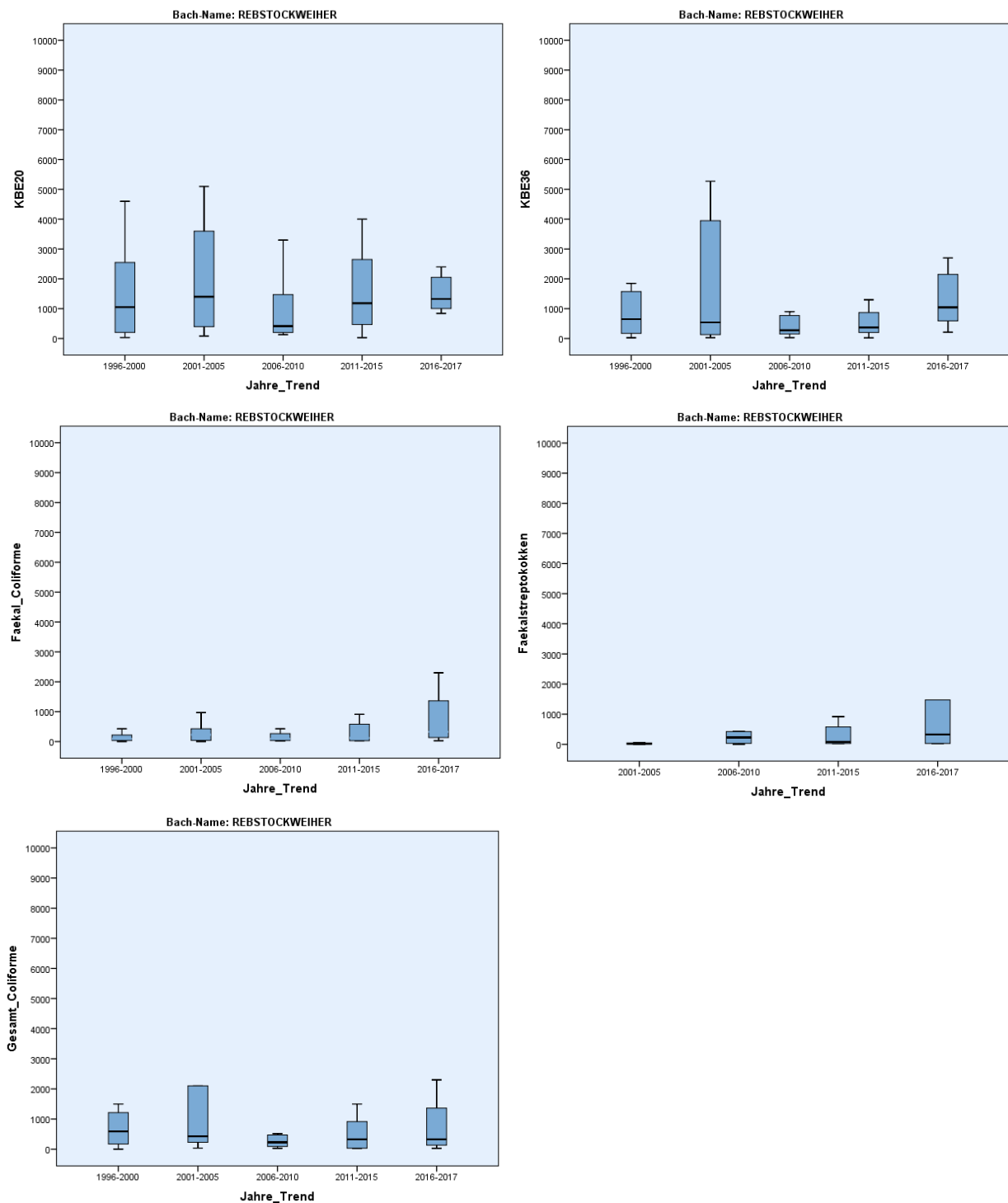
Das Wasser des Weihers kann in die Eignungsklasse 3 für das Bewässern eingeordnet werden, d. h. Schulsportplätze, öffentliche Parkanlagen, Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr sollten mit diesem Wasser nicht beregnet werden. Bei der Beregnung anderer Sportplätze ist durch Schutzmaßnahmen sicherzustellen, dass Personal und Öffentlichkeit keinen Schaden nehmen. Nicht zum Verzehr bestimmte Gewächshauskulturen, Freilandkulturen für den Rohverzehr bis Fruchtansatz, Gemüse bis zwei Wochen vor der Ernte, Obst und Gemüse zur Konservierung, Grünland bzw. Grünfütterpflanzen bis zwei Wochen vor dem Schnitt oder der Beweidung, alle anderen Freilandkulturen ohne Einschränkung können mit diesem Wasser beregnet werden (s. Tab. 7, 8).

In den letzten 10 Jahren wurden keine Salmonellen nachgewiesen, es wurde lediglich einmal in 2007 ein positiver Salmonellennachweis geführt (s. Tabelle 9).

Tabelle 20: Rebstockweiher: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

			Gesamt	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-17
KBE 20	Rebstockweiher	N	79	19	12	20	20	8
		Mittelwert	2066	1940	3221	969	2498	2300
		Median	1100	1050	1400	415	1185	1325
		Maximum	19000	8500	19000	3500	12000	8800
KBE 36	Rebstockweiher	N	79	19	12	20	20	8
		Mittelwert	1688	2633	3356	797	831	1310
		Median	420	650	539	275	370	1045
		Maximum	24000	22000	24000	4000	6000	2700
Fäkal-Coliforme	Rebstockweiher	N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	585	144	404	498	545	2297
		Median	110	91	230	91	121	328
		Maximum	14700	430	2300	4600	4200	14700
Gesamt-Coliforme	Rebstockweiher	N	81	20	13	20	20	8
		Mittelwert	4981	1318	23264	1119	1696	2297
		Median	425	590	430	230	326	328
		Maximum	240000	11000	240000	11000	23000	14700
Fäkal-Streptokokken	Rebstockweiher	N	52	0	4	20	20	8
		Mittelwert	568		25	885	328	646
		Median	92		21	230	83	328
		Maximum	11000		57	11000	1475	1475

Abbildung 26: Rebstockweiher: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)



Westerbach

Der Westerbach hat seinen Ursprung im Kronberger Stadtwald nördlich des Stadtteils Schönberg. Zwischen dieser Ortschaft und Niederhöhnstadt (Eschborn) nimmt er den ebenfalls aus einem Waldgebiet des Taunus kommenden Stuhlbergbach auf. Von Eschborn aus fließt der Westerbach westlich der Autobahn A5 und zeigt sich hier überwiegend naturnah. Bis zur Mündung in die Nidda, westlich des Breidensteiner Wegs im Stadtteil Rödelheim, gleicht der Westerbach einem ausgebauten Kanal mit geradlinigem Verlauf. Bei einer Gesamtließstrecke von 11,5 km entfallen 2,8 km auf das Frankfurter Stadtgebiet.

Die Entnahme der Proben erfolgt in Rödelheim, im Bereich der Niddamündung.

Ergebnisse zur hygienischen Wassergüte

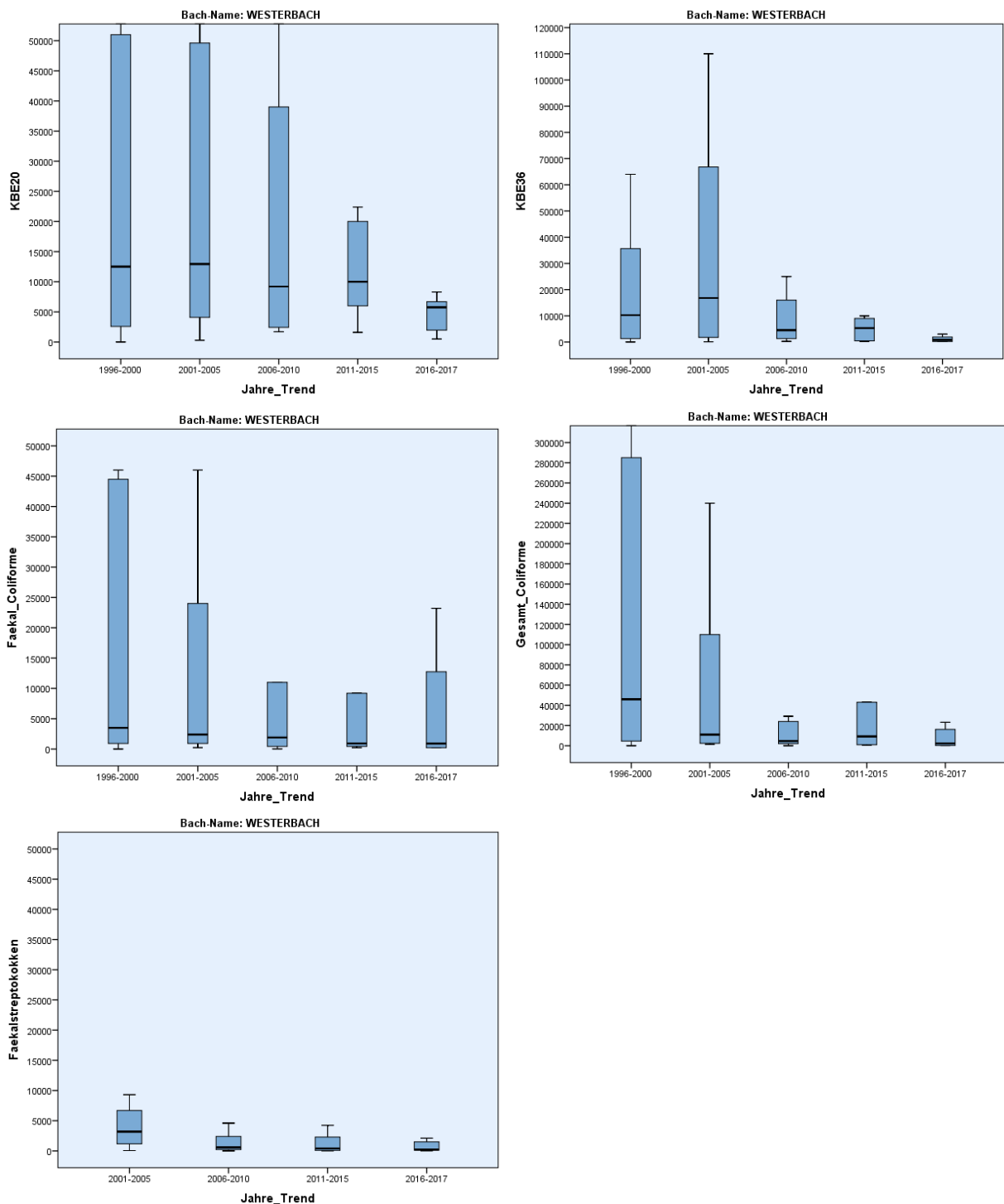
Das Wasser des Westerbachs kann in die Eignungskategorie 3 für das Bewässern eingeordnet werden, d. h. Schulsportplätze, öffentliche Parkanlagen, Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr sollten mit diesem Wasser nicht beregnet werden. Bei der Beregnung anderer Sportplätze ist durch Schutzmaßnahmen sicherzustellen, dass Personal und Öffentlichkeit keinen Schaden nehmen. Nicht zum Verzehr bestimmte Gewächshauskulturen, Freilandkulturen für den Rohverzehr bis Fruchtansatz, Gemüse bis zwei Wochen vor der Ernte, Obst und Gemüse zur Konservierung, Grünland bzw. Grünfütterpflanzen bis zwei Wochen vor dem Schnitt oder der Beweidung, alle anderen Freilandkulturen ohne Einschränkung können mit diesem Wasser beregnet werden (s. Tabellen 7, 8).

In den letzten zehn Jahren wurden dreimal Salmonellen nachgewiesen, eine Veränderung der Häufigkeit ist nicht festzustellen (s. Tabelle 9).

Tabelle 21: Westerbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)

			Gesamt	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-17
KBE 20	Westerbach	N	68	20	12	18	13	5
		Mittelwert	54799	98042	53459	33871	37775	4648
		Median	9750	12500	12950	9200	10000	5760
		Maximum	1400000	1400000	310000	247400	300000	8300
KBE 36	Westerbach	N	68	20	12	18	13	5
		Mittelwert	29780	44266	41528	23244	16687	1214
		Median	4700	10250	16800	4550	5300	800
		Maximum	490000	490000	174000	188650	130000	3000
Fäkal-Coliforme	Westerbach	N	71	20	13	18	13	7
		Mittelwert	49759	57233	30371	17505	91571	69701
		Median	2400	3500	2400	1900	920	913
		Maximum	1100000	750000	150000	98040	1100000	460800
Gesamt-Coliforme	Westerbach	N	71	20	13	18	13	7
		Mittelwert	148068	263739	200938	46533	99390	70885
		Median	9300	46000	11000	4600	9200	2300
		Maximum	1100000	1100000	1100000	242000	1100000	460800
Fäkal-Streptokokken	Westerbach	N	42	0	4	18	13	7
		Mittelwert	29160		3940	4198	86205	1819
		Median	580		3200	580	420	231
		Maximum	1100000		9300	46000	1100000	9200

Abbildung 27: Westerbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml)



Multiresistente Erreger in Frankfurter Oberflächengewässern

Hintergrundinformation zu multiresistenten Erregern (MRE)

Multiresistente Erreger, also Bakterien, die gegen viele (lateinisch multi = viele) Antibiotika resistent (widerstandsfähig) geworden sind, sind ein zunehmendes Problem für die medizinische Versorgung der Bevölkerung [Geffers und Gastmeier, 2011; Canton et al., 2012; Glasner et al., 2013].

Der bekannteste multiresistente Erreger ist **MRSA**, der gegen **M**ethicillin **r**esistente **S**taphylococcus **a**ureus. *Staphylococcus aureus* ist ein Keim, der gerne die Haut und die Schleimhäute, insbesondere Nase und Rachen, besiedelt. Eine Besiedelung merkt man nicht, sie ist auch so lange nicht problematisch, solange der Keim auf der Haut oder der Schleimhaut bleibt. Hier kann er gut durch antiseptische Lösungen beherrscht werden. Wenn der Erreger unter die Haut kommt, ist eine antiseptische Behandlung nicht mehr möglich, sondern es sind Antibiotika erforderlich. MRSA ist aber gegen verschiedene Antibiotika resistent.

Das Risiko, mit MRSA besiedelt zu sein oder eine Infektion mit MRSA zu erwerben, ist nach Krankenhausaufenthalt, nach Antibiotikatherapie, bei Menschen mit Kathetern, PEG-Sonden etc. erhöht [KRINKO, 2014]. Ältere Menschen sind häufiger mit MRSA besiedelt als jüngere – allerdings kann dies auch eine Folge der mit zunehmendem Alter ebenfalls häufigeren Krankenhaus- und Antibiotikabehandlungen sein. Das MRE-Netz Rhein-Main hat 2012-2014 einige größere Untersuchungen durchgeführt: 6-9 % der untersuchten Bewohner in Altenpflegeheimen und 3,7 % der Patienten ambulanter Pflegedienste waren mit MRSA besiedelt [Heudorf et al., 2014; Hogardt et al., 2015; Neumann et al., 2016]. In den letzten Jahren gehen die Infektionen mit MRSA zurück und die einzelnen MRSA-Bakterien sind gegen weniger verschiedene Antibiotika resistent als noch vor einigen Jahren. Ursache könnte einerseits eine inzwischen gut etablierte Hygiene in medizinischen Einrichtungen sein, andererseits aber auch eine zurückhaltendere Antibiotikatherapie und damit ein abnehmender Resistenzdruck auf die Bakterien.

Demgegenüber nimmt eine andere Gruppe der MRE in den letzten Jahren leider deutlich zu: **MRGN**, die **m**ultiresistenten **g**ram**n**egativen Stäbchenbakterien. MRGN sind meistens Darmbesiedler, Darmkeime. Im Gegensatz zu dem „Hautkeim MRSA“ können die „Darmkeime MRGN“ nicht dekolonisiert und der Darm kann nicht saniert werden. Die Kommission für Krankenhaushygiene KRINKO unterscheidet sog. 3MRGN, also Keime, die gegen drei Antibiotikagruppen resistent sind (Penicilline, Cephalosporine und Fluorchinolone) und 4MRGN, also Erreger die gegen vier Antibiotikagruppen (Penicilline, Cephalosporine, Fluorchinolone und die Reserveantibiotika Carbapeneme) widerstandsfähig sind [KRINKO 2012; Glasner et al., 2013]. Nachweise dieser sog. carbapenemresistenten Erreger (CRE) in medizinischen Materialien (z. B. Abstriche, Urinproben, Blutkultur etc.) sind seit 2011 in Hessen meldepflichtig, seit 2016 deutschlandweit. In Frankfurt am Main wurden in den letzten Jahren jährlich ca. 250 CRE gemeldet, zumeist aus den Kliniken [Kleinkauf et al., 2015; Heudorf et al., 2016]. Bei den Untersuchungen des MRE-Netz Rhein-Main bei Bewohnern in Altenpflegeheimen, bei Patienten ambulanter Pflegedienste und Patienten in der ambulanten Dialyse (insgesamt 1416 Untersuchte) wurden in den letzten Jahren keine CRE gefunden: bei der Untersuchung von 1434 Patienten von Rehabilitationskliniken waren zwei Patienten CRE-positiv (0,1 %) [Heudorf et al., 2014; Hogardt et al., 2015; Neumann et al., 2016; Heudorf et al., 2015 a, b].

Als Risikofaktoren für den Erwerb von MRGN, insbesondere für CRE gelten Auslandsreisen oder Krankenhausaufenthalte im Ausland [KRINKO 2012]. Auswertungen des Gesundheitsamtes Frankfurt

zeigten jedoch, dass diese Bedingungen nur bei ca. einem Drittel der Patienten mit gemäß Meldepflicht mitgeteilten CRE vorhanden waren [Heudorf et al., 2016]. D. h. bei ca. 70 % der nachgewiesenen CRE haben die Patienten keinen Bezug zum Ausland in den letzten Monaten. Es muss also noch andere Risikofaktoren geben, die bislang noch nicht ausreichend bekannt sind. Als ein Faktor wird der Einsatz von Breitspektrum-Antibiotika diskutiert, die einen erheblichen Resistenzdruck auf die Entstehung von MRGN und CRE ausüben.

Fallbeispiel Frankfurt

Im März 2017 erlitt ein Frankfurter Bewohner einen Ertrinkungsunfall in einem Frankfurter Oberflächengewässer. Im weiteren Verlauf wurde bei ihm ein gegen nahezu alle Antibiotika resistenter Erreger, eine *Klebsiella pneumoniae* mit Carbapenemresistenz und einer KPC-3-Carbapenemase festgestellt. Da dieser Erreger niemals zuvor in der aufnehmenden und auch der später behandelnden Klinik nachgewiesen worden war und der Patient auch keine typischen Risikofaktoren für einen multiresistenten Erreger aufwies, wie z. B. Auslandsaufenthalt, Krankenhausaufenthalt oder Antibiotikatherapie in der Vorgeschichte, ergab sich die Frage, ob er diesen Erreger bei dem Ertrinkungsunfall aufgenommen haben könnte. Dabei hatte er nicht nur viel Wasser, sondern auch Schlamm und Blätter in seine Lungen aufgenommen.

Im Mai und Juni 2017 wurden deswegen verschiedene Untersuchungen vorgenommen. Aufgrund einer Fehlinformation wurde zunächst der Mühlgraben beprobt, ein kleiner zuführender Seitenarm des Eschbachs ohne Beeinflussung durch eine Kläranlage oder größere landwirtschaftliche Flächen. In einer weiteren Serie wurde dann der Eschbach an der tatsächlichen Unfallstelle untersucht. Die Untersuchungen der Wasser- und Schlammproben wurden im Labor des Instituts für Hygiene und Öffentliche Gesundheit des Universitätsklinikums Bonn durchgeführt. Erreger mit Resistenz gegen die Gruppe der Carbapenem-Antibiotika und mit Carbapenemasen wurden in den Instituten der Mikrobiologie, Immunologie und Parasitologie des Universitätsklinikums Bonn, Medizinische Mikrobiologie und Krankenhaushygiene des Frankfurter Universitätsklinikums und dem Nationalen Referenzlabor für gramnegative Krankhauserreger weitergehend analysiert und im Institut für Medizinische Mikrobiologie der Universität Gießen Ganzgenom-sequenziert.

Tabelle 22: Ergebnisse der Beprobungen von Eschbach und Mühlgraben auf multiresistente Erreger – im Mai und Juni 2017

Ort der Probe	Art der Probe	Erreger	MRGN-Status	Carbapenemase	Carbapenemase-Subtyp
Eschbach					
Unfallstelle	Wasserprobe	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	4R	KPC	KPC-2
Unfallstelle	Wasserprobe	<i>Raoultella ornitholytica</i>	4R	KPC	KPC-2
Unfallstelle	Sedimentprobe	<i>Klebsiella oxytoca</i>	4R	KPC	KPC-2
Unfallstelle	Sedimentprobe	<i>Raoultella</i> spp.	4R	-	-
Unfallstelle	Sedimentprobe	<i>Citrobacter braakii</i>	4R	KPC	KPC-2
nach Kläranlage	Sedimentprobe	<i>Citrobacter freundii</i>	4R	KPC	KPC-2
Mühlgraben					
	Wasserprobe	<i>Serratia fonticola</i>	4R	-	-
	Wasserprobe	<i>Serratia fonticola</i>	4R	KPC	KPC-2

Bei der Untersuchung im Mai und Juni 2017 zeigten sich verschiedene gramnegative Erreger mit Resistenz gegen mindestens vier Antibiotikagruppen (MRGN-Status 4R) und mit einer Carbapenemase, d. h. einem Enzym, das die Antibiotika aus der Gruppe der Carbapeneme spalten kann. Dadurch sind diese Erreger gegen die Gruppe der Carbapeneme resistent. Diese Erreger konnten im Eschbach sowohl in Wasser- als auch in Sedimentproben nachgewiesen werden, aber auch im Mühlgraben (s. Tabelle 22).

Während bei dem verunglückten Patienten eine Carbapenemase vom Subtyp KPC-3 nachgewiesen worden war, handelte es sich bei den im Eschbach und im Mühlgraben nachgewiesenen Erregern um solche mit einer Carbapenemase vom Subtyp KPC-2. Mittels Genomanalysen konnte nachgewiesen werden, dass es sich dabei um das identische Plasmid handelt, das im Jahr 2014 in Südhessen zu einem Ausbruch in einer Klinik mit verschiedenen gramnegativen Erregern mit KPC-2 geführt hatte (Multispeziesausbruch KPC-2) [Yao et al., 2014; Kaase et al., 2014; Carstens et al., 2014].

Insgesamt wurden aus dieser Untersuchung folgende Schlussfolgerungen gezogen:

1. Es wurden im Eschbach und im Mühlgraben multiresistente Erreger gefunden (alle KPC-2).
2. Im Eschbach kann dies im Zusammenhang mit der am Oberlauf vorhandenen Kläranlage stehen.
3. Der Mühlgraben verfügt weder über eine Kläranlage im Oberlauf noch über bspw. landwirtschaftliche Einträge. Möglicherweise erfolgte der Keimeintrag durch Wildvögel / Wasservögel.
4. Die in den Wasserproben gefundene Resistenz (KPC-2) ist nicht identisch mit der des im Patienten gefundenen Keimes (KPC-3). D. h. es gibt keinen Beweis eines Zusammenhangs zwischen dem Ertrinkungsunfall im Eschbach und den Befunden im Patienten, aber der Zusammenhang ist nicht auszuschließen, da MRE prinzipiell dort gefunden wurden.
5. Die Resistenz KPC-2 wurde in verschiedenen Erreger-Spezies gefunden und wird durch Plasmide zwischen den Spezies ausgetauscht.
6. Es handelt sich genetisch um die identische Resistenz, die 2014 während eines großen Ausbruches in einem Krankenhaus in Südhessen gefunden worden war.
7. Die Untersuchungsbefunde aus dem Mühlgraben und Eschbach sind sicher keine Einzelbefunde; es ist vielmehr davon auszugehen, dass MRE auch in anderen Gewässern zu finden sind (Ergebnisse HyReKa etc. – auch in kleinen Bächen!)

Daher wurden im September 2017 einmalig allen Oberflächengewässern in Frankfurt an insgesamt 19 Probenahmestellen (s. Abbildung 1) Wasserproben entnommen und speziell auf multiresistente Erreger und Antibiotika untersucht. Untersucht wurden der Main bei Fechenheim und bei Höchst, die Nidda bei Harheim und bei Rödelheim, jeweils drei Stellen (eine vor und zwei nach den Kläranlagen) im Erlenbach, Eschbach und Urselbach sowie jeweils eine Probenahmestelle am Kalbach, Königsbach, Liederbach, Sulzbach, Westerbach und im Rebstockweiher (Abbildung 1).

Resistenzgene: In acht Wasserproben wurden mit der PCR-Methode Nukleinsäuren (Resistenzgene) nachgewiesen, die ein bestimmtes, die Antibiotika Carbapeneme abbauendes Enzym, eine Carbapenemase vom Typ OXA-58 bilden können (Tabelle 23). Diese Carbapenemase des Typs OXA-58 ist zumeist mit Umwelt-Erregern assoziiert und wurde bisher sehr selten in Erregern bei Menschen gefunden. Da die sehr empfindliche PCR-Methode auch geringe Reste schon abgestorbener Erreger nachweisen kann, kann keine Aussage getroffen werden, ob sie aus lebenden Bakterien stammt und ob, wie und wann sie in vermehrungsfähige Bakterien aufgenommen werden können.

Bakterien mit Carbapenemresistenz: In einer Probe (Erlenbach vor der Kläranlage) wurde bei einer *Serratia fonticola* eine Resistenz gegen Colistin gefunden; dies ist bei diesen Erregern „normal“, eine Carbapenemresistenz hingegen wies dieser Erreger nicht auf. In fünf Proben wurden Erreger mit Resistenz gegen die Reserveantibiotika Carbapeneme oder Colistin festgestellt und angezüchtet, nur einer dieser Erreger wurde in einem Gewässer nach einer Kläranlage gefunden, die anderen Proben stammten aus Gewässern ohne Kläranlagen-Einfluss. In zwei dieser Erreger mit Carbapenemresistenz konnten auch Carbapenemasen nachgewiesen werden, einmal eine OXA 51-Carbapenemase (Nidda) und einmal eine KPC-3 (Urselbach nach der Kläranlage). Für diese KPC-3 kann allerdings kein direkter Bezug zu dem Ertrinkungsfall im März 2017 hergestellt werden (Tabelle 23).

Tabelle 23: Ergebnisse der Untersuchung der Frankfurter Oberflächengewässer auf antibiotikaresistente Erreger – Beprobung 26.09.2017

Gewässer	Entnahme-Bezeichnung	Gesamt PCR (Carbapenemase-Nachweis)	Spezies mit Resistenz gegen Carbapeneme /Colistin (VITEK)	Resistenz AST VITEK 2	Carbapenemase-Nachweis PCR	Gramnegative Erreger KBE/ml
Main	Main-1	Negativ				180
	Main-2	OXA 58				110
Nidda	Nidda-1	Negativ	<i>Enterobacter asburiae</i>	Carbapenem-R	OXA 51	290
	Nidda-2	OXA 58				230
Erlenbach	Erlenbach-1	Negativ	<i>Serratia fonticola</i>	Colistin-R		300
	Erlenbach-2	OXA 58				1600
	Erlenbach-3	OXA 58				1100
Eschbach	Eschbach-1	Negativ				700
	Eschbach-2	OXA 58				7900
	Eschbach-3	OXA 58				1500
Urselbach	Urselbach-1	Negativ	<i>Enterobacter asburiae</i>	Carbapenem-R Colistin-R	Negativ	250
	Urselbach-2	OXA 58	<i>E coli</i>	Carbapenem-R	KPC-3	800
	Urselbach-3	Negativ				1500
Kalbach	Kalbach					280
Königsbach	Königsbach	Negativ	<i>Enterobacter asburiae</i>	Carbapenem-R Colistin-R	Negativ	280
Liederbach	Liederbach	Negativ				600
Rebstockweiher	Rebstockweiher	Negativ	<i>Enterobacter asburiae</i>	Carbapenem-R Colistin-R	Negativ	300
Sulzbach	Sulzbach	SIM				8800
Westerbach	Westerbach	OXA 48 OXA 58				80000

Einzelne Nachweise von Mikroorganismen mit den genannten Resistenzen (4R und Colistin-Resistenz) wurden bereits in vergleichenden Untersuchungen ähnlicher Oberflächengewässer in ähnlicher Häufigkeit nachgewiesen. Belastbare Referenzdaten existieren hierzu jedoch nicht. Insgesamt ist zu konstatieren, dass Nachweise von fakultativ pathogenen, carbapenemresistenten Mikroorganismen in Oberflächengewässern nur sporadisch und in geringen Konzentrationen nachweisbar zu sein scheinen und noch kein flächendeckendes Problem in deutschen Gewässern darstellen. Bei dieser Untersuchung ließ sich kein klarer Hinweis auf eine Beeinflussung durch

Kläranlagen finden, da carbapenemresistente Erreger dreimal in Gewässerabschnitten ohne resp. vor einer Kläranlage detektiert wurden, jedoch nur einmal direkt nach einer Kläranlage (Urselbach 2).

Insbesondere konnten bei dieser Untersuchung keine Carbapenem resistenten Erreger im Eschbach nachgewiesen werden.

Bei der weiteren Untersuchung auf sog. Enterobakterien (Darmbakterien) mit erweiterter Resistenz gegen β -Laktamantibiotika (ESBL-Keime, Extended-spectrum betalactamasen) zeigten sich durchweg Keimzahlen deutlich über 100 pro ml, nach den Kläranlagen > 1000 (bis 7900) pro ml. Im Vergleich mit der Gesamtkeimzahl (ermittelt bei 20°C und bei 36°C), die in den Oberflächengewässern bei > 1000 bis > 100.000 Erregern pro ml liegt, zeigt sich somit, dass ein durchaus relevanter Prozentsatz der Erreger erweiterte Resistenzen gegen Antibiotika aufweisen (Tabelle 23).

Antibiotika:

Antibiotika wurden in insgesamt 11 der 19 Proben nachgewiesen: an beiden Probenmestellen in Main, Nidda, im Sulzbach sowie nach den Kläranlagen im Eschbach, Erlenbach und Urselbach – nicht jedoch im Kalbach, Königsbach, Liederbach, Rebstockweiher und Westerbach, die keine Kläranlagen besitzen (Tabelle 24). Da Main, Nidda und Sulzbach am Oberlauf der Probenmestellen von Kläranlagen beeinflusst sind, kann der Nachweis von Antibiotika in diesen Gewässern auch auf Kläranlagen zurückgeführt werden. Die nachgewiesenen Konzentrationen sind dort deutlich geringer als unmittelbar oder 1000 m nach den Kläranlagen am Eschbach, Erlenbach und Urselbach. In Gewässerabschnitten vor Kläranlagen und solchen ohne Kläranlagen waren keine Antibiotika nachweisbar.

Tabelle 24: Ergebnisse der Untersuchung der Frankfurter Oberflächengewässer auf Antibiotika – Beprobung 26.09.2017

Gewässer	Entnahme-Bezeichnung	Azithromycin	Clarithromycin	Clindamycin	Erythromycin	Roxithromycin	Sulfamethoxazol	Trimethoprim
		$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Main	Main-1			0,01			0,04	
	Main-2		0,02	0,01			0,05	
Nidda	Nidda-1		0,03	0,03	0,01		0,08	
	Nidda-2		0,03	0,03	0,01		0,09	
Erlenbach	Erlenbach-1							
	Erlenbach-2	0,24	0,25	0,05	0,03	0,07	0,39	0,19
	Erlenbach-3	0,18	0,24	0,04	0,03	0,07	0,31	0,14
Eschbach	Eschbach-1							
	Eschbach-2 [#]	0,52	0,26	0,18	0,05		0,23	
	Eschbach-3	0,39	0,23	0,14	0,04		0,18	
Urselbach	Urselbach-1							
	Urselbach-2	0,50	0,15	0,10	0,09	0,10	0,35	0,17
	Urselbach-3	0,32	0,11	0,09	0,07	0,07	0,25	0,12
Kalbach	Kalbach							
Königsbach	Königsbach							
Liederbach	Liederbach							
Rebstockweiher	Rebstockweiher							
Sulzbach	Sulzbach		0,04	0,04	0,03		0,05	
Westerbach	Westerbach							

[#] Eschbach direkt nach der Kläranlage: hier auch Nachweis von Piperacillin (0,05 $\mu\text{g/l}$)

Die Gewässerproben wurden auf 49 Antibiotika-Wirkstoffe untersucht, darunter auch auf die in der Humanmedizin häufig eingesetzten Penicilline, Cephalosporine, Fluorchinolone, Carbapeneme etc. In der Tabelle sind der besseren Übersichtlichkeit halber nur Antibiotika mit positiven Befunden dargestellt. Nachgewiesen wurden Antibiotika aus der Gruppe der Makrolide und Lincosamide sowie Sulfonamide, jedoch keine Cephalosporine, Penicilline, Fluorchinolone, Carbapeneme.

Dies ist in Übereinstimmung mit Daten aus der Literatur [Kümmerer, 2009 a, b]: in anderen Oberflächengewässer-Untersuchungen wurden Konzentrationen an Erythromycin bis 1,7µg/l gemessen, Roxithromycin bis 0,56µg/l, Clarithromycin bis 0,26 µg/l, während die Konzentrationen der in der Humanmedizin sehr viel häufiger eingesetzten Penicilline und Fluorchinolone deutlich niedriger lag (Penicilline bis 0,05µg/l, Fluorchinolone bis 0,02 µg/l), bzw. diese oft gar nicht nachweisbar waren – wie in unserer Untersuchung.

Dies ist bemerkenswert im Vergleich mit dem Antibiotikaverbrauch in Frankfurter Kliniken und den Antibiotika-Verordnungen, die von der KV Hessen für Hessen gesamt ermittelt wurden. Demnach wurden in den Frankfurter Kliniken pro Jahr ca. 350.000-400.000 DDD (daily defined doses) Cephalosporine, über 200.000 DDD Penicilline und ca. 140.000 DDD Fluorchinolone und ca. 60.000-80.000 DDD Carbapeneme verbraucht aber „nur“ ca. 60.000 DDD Makrolide und je ca. 30.000 DDD Lincosamide und Sulfonamide [Heudorf et al., 2016]. Im ambulanten Bereich werden weit mehr Penicilline (ca. 550.000 Verordnungen) und Cephalosporine (ca. 750.000) verordnet im Vergleich mit ca. 500.000 Verordnungen Makrolide und ca. 130.000 Verordnungen Sulfonamide [KV Hessen, persönliche Mitteilung].

Die meisten Antibiotika werden – von Mensch und Tier – unverändert ausgeschieden; dies betrifft insgesamt ca. 70 % der verabreichten Dosen (je nach Wirkstoff 10-90 %). Offenbar werden β-Laktam-Antibiotika wie Penicilline, Cephalosporine und Carbapeneme unter Umgebungsbedingungen leicht abgebaut, während andere Wirkstoffgruppen wie Makrolide etc. stabiler in der Umwelt sind. Deswegen wurde die Forderung aufgestellt, bei der Neu-Entwicklung von Antibiotika nicht nur deren Wirkungen und Nebenwirkungen in den Fokus zu nehmen, sondern auch ihre Abbaubarkeit in der Umwelt.

Aber auch weitere Faktoren wie unterschiedliche biologische Abbauraten, Sedimentierungsverhalten von Antibiotika etc. können für die beobachteten Verteilungs-Effekte verantwortlich sein. Darüber hinaus ist bekannt, dass bestimmte Bodenbakterien auch selbst Antibiotika aus der Gruppe der β-Laktame, Streptomycine und Aminoglycoside synthetisieren können [Kümmerer, 2009]; ihr Anteil an der tatsächlich beobachteten Antibiotika-Konzentration in Fließgewässern ist jedoch nicht geklärt.

Ob und inwieweit die gefundenen Antibiotika-Konzentrationen in den von Kläranlagen beeinflussten Gewässern ausreichen, um Resistenzen bei Bakterien zu induzieren, ist ebenfalls noch nicht geklärt; hier gibt es inkonsistente Ergebnisse [Kümmerer, 2009].

Zusammenfassend konnten mit diesen Untersuchungen in Oberflächengewässern in Frankfurt Erreger mit Antibiotikaresistenzen und auch mit Carbapenemasen nachgewiesen werden – in Gewässern mit und ohne Einfluss von Kläranlagen, sodass hier weitere Eintragswege wie z. B. Landwirtschaft oder Wildvögel [Dolejska et al., 2015; Vittecoq et al., 2017; Vergara et al., 2017] etc. zu diskutieren sind. Antibiotika selbst wurden nur in Gewässern nach Kläranlagen gefunden.

Inwieweit es sich um eine zunehmende Ausbreitung antibiotikaresistenter Erreger handelt, können nur Langzeituntersuchungen ergeben. Dies wird z. B. im Rahmen der HyReKa-Studie ermittelt, die bundesweit Gewässer und Abwässer auf antibiotikaresistente Erreger und auf Antibiotika untersucht. Das Projekt erforscht die Verbreitung antibiotikaresistenter Bakterien durch Abwasser, zum Beispiel durch Abwässer aus Krankenhäusern, kommunalen Abwässern oder auch Abwässern aus Tiermastbetrieben. Auf der Basis der Ergebnisse des HyReKA-Projekts sollen letztlich Handlungsempfehlungen insbesondere für die Politik formuliert werden. Weitere Informationen zu dem wissenschaftlichen Verbundprojekt „HyReKA“ sind unter www.hyreka.net einsehbar.

Aus den derzeitigen Befunden ergibt sich kein Hinweis auf eine Gefährdung der Bevölkerung, wenn die allgemeinen Hygiene-Empfehlungen des Gesundheitsamtes beachtet werden. Das Gesundheitsamt rät seit Jahren vom Schwimmen in den Oberflächengewässern in Frankfurt ab und empfiehlt Händewaschen nach direktem Kontakt mit Wasser oder Schlamm (s.o.).

Literaturverzeichnis

- Amt für Gesundheit: Oberflächengewässer in Frankfurt am Main. Hygienische Qualität 1987-2008. Frankfurt, 2009.
- Araújo S, A T Silva I, Tacão M, Patinha C, Alves A, Henriques I. Characterization of antibiotic resistant and pathogenic *Escherichia coli* in irrigation water and vegetables in household farms. *Int J Food Microbiol.* 2017; 257: 192-200. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.020. Epub 2017 Jun 22.
- Beil K, Hanes D. The influence of urban natural and built environments on physiological and psychological measures of stress—A pilot study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2013; 10: 1250–1267.
- Bell SL, Phoenix C, Lovell R, Wheeler BW. Green space, health and wellbeing: making space for individual agency. *Health Place* 2014; 30: 287-92. doi: 10.1016/j.healthplace.2014.10.005. Epub 2014 Nov 21.
- Carstens et al. Plasmid-vermittelter Multispezies-Ausbruch mit Carbapenem-resistenten Enterobacteriaceae. *Epidemiologisches Bulletin* 24.11.2014; 47/2014: 455-459. www.rki.de
- Canton R, Akova M, Carmeli Y, Giske CG, Glupczynski Y, Gniadkowski M, et al. Rapid evolution and spread of carbapenemases among Enterobacteriaceae in Europe. *Clin Microbiol Infect.* 2012; 18: 413-31.
- De Vries S, Verheij R.A, Groenewegen P.P, Spreeuwenberg P. Natural environments—Healthy environments? An exploratory analysis of the relationship between greenspace and health. *Environ. Plan. A* 2003; 35: 1717–1731.
- DIN 19650: Bewässerung. Hygienische Belange von Bewässerungswasser. Beuth Verlag. (1999)
- Dolejska M, Masarikova M, Dobiasova H, Jamborova I, Karpiskova R, Havlicek M, Carlile N, Priddel D, Cizek A, Literak I. High prevalence of *Salmonella* and IMP-4-producing Enterobacteriaceae in the silver gull on Five Islands, Australia. *J Antimicrob Chemother.* 2016; 71: 63-70. doi: 10.1093/jac/dkv306. Epub 2015 Oct 15.
- Efstratiou A, Ongerth JE, Karanis P. Waterborne transmission of protozoan parasites: Review of worldwide outbreaks - An update 2011-2016. *Water Res.* 2017; 114: 14-22. doi: 10.1016/j.watres.2017.01.036. Epub 2017 Jan 25.
- EG: Richtlinie 2006/7/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Februar 2006 über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung. *Amtsblatt EU* vom 4.3.2006 (L64/37-51).
- Eregno FE, Tryland I, Tjomsland T, Myrmet M, Robertson L, Heistad A. Quantitative microbial risk assessment combined with hydrodynamic modelling to estimate the public health risk associated with bathing after rainfall events. *Sci Total Environ* 2016; 548-549: 270-9. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.034. Epub 2016 Jan 21.
- Fernandez-Cassi X, Timoneda N, Gonzales-Gustavson E, Abril JF, Bofill-Mas S, Girones R. A metagenomic assessment of viral contamination on fresh parsley plants irrigated with fecally tainted river water. *Int J Food Microbiol.* 2017; 257: 80-90. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.001.
- Fellmann G, Gericke B, Carmienke I, Schröder C, Kühn H, Mündorfer H. Ausbruch von Shigella-sonnei-Infektionen nach Baden in einem See. *Bundesgesundhbl.* 1992; 7: 336-339. Kauteck et al: Erkrankungen nach dem Baden in Berlin und Umland 1991/1992. *Bundesgesundhbl.* 1993; 10: 405-409.

- Fewtrell L, Kay D. Recreational Water and Infection: A Review of Recent Findings. *Curr Environ Health Rep.* 2015; 2: 85-94. doi: 10.1007/s40572-014-0036-6.
- Gascon M, Triguero-Mas M, Martínez D, Davdand P, Fornis J, Plasència A, Nieuwenhuijsen MJ. Mental health benefits of long-term exposure to residential green and blue spaces: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* 2015; 12(4): 4354-79. doi: 10.3390/ijerph120404354.
- Geffers C, Gastmeier P. Nosocomial Infections and Multidrug-resistant Organisms in Germany. *Deutsches Ärzteblatt international* 2011; 108: 87-93.
- Glasner C, Albiger B, Buist G, Andrasevic AT, Canton R, Carmeli Y et al. Carbapenemase-producing Enterobacteriaceae in Europe: a survey among national experts from 39 countries, February 2013. *Eurosurveillance* 2013; 18: pii=20525
- Gruteke P, Medema GJ, Coenen T, Havelaar AH Health complaints in relation to quality of swimming water in participants of a triathlon. *Hum Pathol* 2001; 32: 2232-6
- Haluza D, Schönbauer R, Cervinka R. Green perspectives for public health: a narrative review on the physiological effects of experiencing outdoor nature. *Int J Environ Res Public Health.* 2014; 11(5): 5445-61. doi: 10.3390/ijerph110505445.
- Hessische Badegewässerverordnung (VO-BGW, vom 21. Juli 2008
- Hessisches Gesetz über den öffentlichen Gesundheitsdienst (HGöGD). *GVBl. I* 2007; S. 659 vom 08.10.2007.
- Hess. Ministerium für Umwelt. Lagebericht 2016, Beseitigung von kommunalen Abwässern in Hessen Juni 2017 (<http://www.umweltministerium.hessen.de/>)
- Hessisches Wassergesetz (HWG) *GVBl. I* 2010; S. 548 vom 23.12.2010
- Heudorf U, Heldmann S. Parks und Grünanlagen als Therapieräume. Was ist bewiesen? In: Deutsche Gesellschaft für Gartenkunst und Landschaftskultur e.V. (DGGL). *Jahrbuch 2008; Garten und Gesundheit. Zur Bedeutung des Grüns für das Wohlbefinden.* Berlin 2008; S. 82-86.
- Heudorf U. Über den Zusammenhang von Grün und Gesundheit. *Stadt Raum* 2008; 29: 236-241.
- Heudorf U, Gustav C, Mischler D, Schulze J. Nosokomiale Infektionen, systemischer Antibiotikaeinsatz und multiresistente Erreger bei Bewohnern von Altenpflegeheimen. *Das Frankfurter HALT plus MRE-Projekt, 2012. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2014; 57: 414-422.
- Heudorf U, Färber D, Mischler D, Schade M, Zinn C, Cuny C, Nillius D, Herrmann M. Multiresistente Erreger in Rehabilitationseinrichtungen im Rhein-Main-Gebiet, Deutschland, 2014: I Prävalenz und Risikofaktoren. *Rehabilitation (Stuttg).* 2015a; 54(5): 339-45. doi: 10.1055/s-0035-1559642. Epub 2015 Oct 27. German.
- Heudorf U, Färber D, Mischler D, Schade M, Zinn C, Nillius D, Herrmann M. Multiresistente Erreger in Rehabilitationseinrichtungen im Rhein-Main-Gebiet, Deutschland, 2014: II. Ärztliche Risikoanalyse und Hygienemaßnahmen. *Rehabilitation* 2015b; 54: 375-381
- Heudorf U, Büttner B, Hauri AM, Heinmüller P, Hunfeld KP, Kaase M, Kleinkauf N, Albert-Braun S, Tessmann R, Kempf VA. Carbapenem-resistant Gram-negative bacteria - analysis of the data obtained through a mandatory reporting system in the Rhine-Main region, Germany, 2012-2015. *GMS Hyg Infect Control.* 2016; 11: Doc10. doi: 10.3205/dgkh000270. eCollection 2016.
- Heudorf U, Hausemann A. Antibiotika-Verbrauchs-Surveillance – Eine neue Aufgabe für Kliniken und auch für den öffentlichen Gesundheitsdienst. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*; 2016; 59(10): 1351-1359 DOI 10.1007/s00103-016-2432-6

- Hogardt M, Proba P, Mischler D, Cuny C, Kempf VA, Heudorf U. Current prevalence of multidrug-resistant organisms in long-term care facilities in the Rhine-Main district, Germany, 2013. *Eurosurveillance* 2015; 20(26): pii=21171
- Hlavsa MC, Roberts VA, Kahler AM, Hilborn ED, Wade TJ, Backer LC, Yoder JS. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Recreational water-associated disease outbreaks--United States, 2009-2010. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2014; 63: 6-10.
- Hlavsa MC, Roberts VA, Kahler AM, Hilborn ED, Mecher TR, Beach MJ, Wade TJ, Yoder JS. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Outbreaks of Illness Associated with Recreational Water--United States, 2011-2012. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2015; 64: 668-72.
- Jones TF, Yackley J. Foodborne. Disease Outbreaks in the United States: A Historical Overview. *Foodborne Pathog Dis* 2018; 15(1): 11-15. doi: 10.1089/fpd.2017.2388.
- Kaase M, Hauri A. Häufung von KPC-2 produzierenden Stämmen verschiedener Enterobacteriaceae-Spezies in Hessen. *Epidemiologisches Bulletin* 16.06.2014; 24/2014: S. 201-203. www.rki.de
- Kay D, Fleisher JM, Salmon RL, Jones F, Wyer MD, Godfree AF, Zelenauch-Jacquotte Z, Shore R: Predicting likelihood of gastroenteritis from sea bathing: results from randomised exposure. *Lancet* (1994) 344: 905-9
- Kleinkauf N, Hausemann A, Kempf VAJ, Gottschalk R, Heudorf U. Burden of carbapenem-resistant organisms in the Frankfurt/Main Metropolitan Area in Germany 2012/2013 – first results and experiences after the introduction of legally mandated reporting. *BMC infectious diseases* 2014; 14: 446-453
- Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut (RKI). Hygienemaßnahmen bei Infektionen oder Besiedelung mit multiresistenten gramnegativen Stäbchen. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 2012; 55: 1311-1354; erweitert: *Epidemiologisches Bulletin* vom 26. Main 2014; 21/2014: S. 183-184.
- KRINKO Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) am Robert Koch-Institut (RKI) Empfehlungen zur Prävention und Kontrolle von Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus*-Stämmen (MRSA) in medizinischen und pflegerischen Einrichtungen. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 2014; 57: 696-732
- Kümmerer K. Antibiotics in the aquatic environment--a review--part I. *Chemosphere.* 2009; 75(4): 417-34. doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.11.086. Epub 2009 Jan 30. Review.
- Kümmerer K. Antibiotics in the aquatic environment--a review--part II. *Chemosphere.* 2009; 75(4): 435-41. doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.12.006. Review.
- KV Hessen. Antibiotikaverbrauchsdaten der KV Hessen, persönliche Mitteilung
- Lee AC, Maheswaran, R. The health benefits of urban green spaces: a review of the evidence. *J Public Health (Oxf)* 2011; 33: 212-22. doi: 10.1093/pubmed/fdq068. Epub 2010 Sep 10.
- Lee AC, Jordan HC, Horsley J. Value of urban green spaces in promoting healthy living and wellbeing: prospects for planning. *Risk Manag Healthc Policy.* 2015; 8: 131-7. doi: 10.2147/RMHP.S61654. eCollection 2015.
- Letz A, Schimmelpfennig M, Walter-Domes M. Ein Meningitis-Ausbruch durch ECHO-Virus 30 in Nordhessen. Ausbruchsuntersuchung ergab Zusammenhang mit dem Besuch eines Kleinbadeteiches. *Epidemiologisches Bulletin* 20/2002. S. 163-167.
- Maas J, Verheij R.A, Groenewegen P.P, de Vries S, Spreeuwenberg P. Green space, urbanity, and health: How strong is the relation? *J. Epidemiol. Community Health* 2006; 60: 587–592.
- Maas J, Verheij R.A, de Vries S, Spreeuwenberg P, Schellevis F.G, Groenewegen P.P. Morbidity is related to a green living environment. *J. Epidemiol. Community Health* 2009; 63: 967–973.

- Mannocci A, La Torre G, Spagnoli A, Solimini AG, Palazzo C, De Giusti M. Is swimming in recreational water associated with the occurrence of respiratory illness? A systematic review and meta-analysis. *J Water Health* 2016; 14(4): 590-9. doi: 10.2166/wh.2016.266.
- Markland SM, Ingram D, Kniel KE, Sharma M. Water for Agriculture: the Convergence of Sustainability and Safety. *Microbiol Spectr.* 2017; 5(3). doi: 10.1128/microbiolspec.PFS-0014-2016.
- Marsalek J, Rochfort Q. Urban wet-weather flows: sources of fecal contamination impacting on recreational waters and threatening drinking-water sources. *J Toxicol Environ Health A.* 2004; 67(20-22): 1765-77.
- Martínez MC, Retamal P, Rojas-Aedo JF, Fernández J, Fernández A, Lapierre L. Multidrug-Resistant Outbreak-Associated Salmonella Strains in Irrigation Water from the Metropolitan Region, Chile. *Zoonoses Public Health.* 2017; 64(4): 299-304. doi: 10.1111/zph.12311.
- McClung RP, Roth DM, Vigar M, Roberts VA, Kahler AM, Cooley LA, Hilborn ED, Wade TJ, Fullerton KE, Yoder JS, Hill VR. Waterborne Disease Outbreaks Associated With Environmental and Undetermined Exposures to Water - United States, 2013-2014. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2017; 66: 1222-1225. doi: 10.15585/mmwr.mm6644a4.
- Mikhail AFW, Jenkins C, Dallman TJ, Inns T, Martín AIC, Fox A, Cleary P, Elson R, Hawker J. An outbreak of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157:H7 associated with contaminated salad leaves: epidemiological, genomic and food trace back investigations. *Epidemiol Infect.* 2017; 1-10. doi: 10.1017/S0950268817002874. [Epub ahead of print]
- Mitchell R, Popham F. Effect of exposure to natural environment on health inequalities: An observational population study. *Lancet* 2008; 372: 1655–1660.
- Neumann N, Mischler D, Cuny C, Hogardt M, Kempf VAJ, Heudorf U. Multiresistente Erreger bei Patienten ambulanter Pflegedienste im Rhein-Main-Gebiet 2014. *Bundesgesundheitsblatt* 2016; 59: 292-299.
- NN. Surveillance for waterborne-disease outbreaks – United States 1993-1994. *MMWR* 1996; 45: SS1; und 1997-1998. *MMWR* 2002; 49: SS4
- Olsen S et al. Surveillance for foodborne disease outbreaks – US 1993-1997. *MMWR* 2000; 49 (SS01) 1-51.
- Perkins A, Trimmier M. Recreational Waterborne Illnesses: Recognition, Treatment, and Prevention. *Am Fam Physician* 2017; 95(9): 554-560.
- Popp W, Huber S, Kexel S. Abwasserdesinfektion zur Verbesserung der Badegewässerqualität an der oberen Isar. *Wasser und Abfall* 2004; 5: 14-18
- Prüss A. Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water. *Intern J Epidemiol* 1998; 27: 1-9
- Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung. 76/160 EWG-Amtsblatt der Europ. Union L 64/37 (2006): L64/51
- Sanborn M, Takaro T. Recreational water-related illness: office management and prevention. *Can Fam Physician* 2013; 59: 491-5.
- Schlinkmann KM, Razum O, Werber D. Characteristics of foodborne outbreaks in which use of analytical epidemiological studies contributed to identification of suspected vehicles, European Union, 2007 to 2011. *Epidemiol Infect.* 2017; 145: 1231-1238. doi: 10.1017/S0950268816003344. Epub 2017 Feb 6.
- Stadtgesundheitsamt Frankfurt: Hygienische Gewässergüte ausgewählter Frankfurter Fließgewässer 1990
- Stadtgesundheitsamt Frankfurt (Hentschel W). Die hygienische Qualität der Frankfurter Oberflächengewässer 1987-1995, Stadtgesundheitsamt Frankfurt 1996

- Stadtgesundheitsamt Frankfurt: Die hygienische Qualität der Frankfurter Oberflächengewässer 2002. www.frankfurt.de
- Takano T, Nakamura K, Watanabe M. Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: The importance of walkable green spaces. *J. Epidemiol. Community Health* 2002; 56: 913–918.
- Triguero-Mas M, Dadvand P, Cirach M, Martínez D, Medina A, Mompart A, Basagaña X, Gražulevičienė R, Nieuwenhuijsen M.J. Natural outdoor environments and mental and physical health: Relationships and mechanisms. *Environ. Int.* 2015; 77: 35–41.
- Thurston-Enriquez JA et al. Detection of protozoan parasites and microsporidia in irrigation waters used for crop production. *J Food Prot* 2002; 65: 673-6.
- Umweltbundesamt: UBA-Texte 34/2016: Rahmenbedingungen für die umweltgerechte Nutzung von behandeltem Abwasser).
- van Asperen et al. Risk of gastroenteritis among triathletes in relation to fecal pollution of fresh waters. *Int J Epidemiol* 1988; 27: 309-15
- Van den Berg A.E, Maas J, Verheij R.A, Groenewegen P.P. Green space as a buffer between stressful life events and health. *Soc. Sci. Med.* 2010; 70: 1203–1210.
- Vergara A, Pitart C, Montalvo T, Roca I, Sabaté S, Hurtado JC, Planell R, Marco F, Ramírez B, Peracho V, de Simón M, Vila J. Prevalence of Extended-Spectrum- β -Lactamase- and/or Carbapenemase-Producing *Escherichia coli* Isolated from Yellow-Legged Gulls from Barcelona, Spain. *Antimicrob Agents Chemother.* 2017; 61. pii: e02071-16. doi: 10.1128/AAC.02071-16. Print 2017 Feb.
- Vittecoq M, Laurens C, Brazier L, Durand P, Elguero E, Arnal A, Thomas F, Aberkane S, Renaud N, Prugnotte F, Solassol J, Jean-Pierre H, Godreuil S, Renaud F. VIM-1 carbapenemase-producing *Escherichia coli* in gulls from southern France. *Ecol Evol.* 2017; 7: 1224-1232. doi: 10.1002/ece3.2707. eCollection 2017 Feb. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Vittecq+M%2C+Laurens+C%2C+Brazier+L - comments>
- Völker S, Kistemann T. The impact of blue space on human health and well-being - Salutogenetic health effects of inland surface waters: a review. *Int J Hyg Environ Health.* 2011; 214(6): 449-60. doi: 10.1016/j.ijheh.2011.05.001. Epub 2011 Jun 12.
- Völker S, Kistemann T. Reprint of: "I'm always entirely happy when I'm here!" Urban blue enhancing human health and well-being in Cologne and Düsseldorf, Germany. *Soc Sci Med.* 2013; 91: 141-52. doi: 10.1016/j.socscimed.2013.04.016. Epub 2013 Apr 24.
- VO-BGW- Verordnung über die Qualität und die Bewirtschaftung der Badegewässer – Hessen – vom 21. Juli 2008. GVBl. I Nr. 14 vom 24.07.2008 S.796 ff
- Wachtel MR, Whitehand LC, Mandrell RE. Association of *Escherichia coli* O157:H7 with preharvest leaf lettuce upon exposure to contaminated irrigation water. *J Food Prot.* 2002; 65: 18-25.
- Wiedenmann A. Gesundheitliche Bewertung einzelner mikrobiologischer Messergebnisse bei der Kontrolle von Badegewässern auf der Grundlage neuer epidemiologischer Erkenntnisse. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 2007; 12: 351-365.
- White M.P, Alcock I, Wheeler B.W, Depledge M.H. Coastal proximity, health and well-being: Results from a longitudinal panel survey. *Health Place* 2013; 23: 97–103.
- WRRL – Wasserrahmenrichtlinie. Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich Wasserpolitik. 2000/60/EG (2000) 10 und Verordnung zur Umsetzung der Anhänge II und V der EG-Wasserrahmenrichtlinie (VO-WRRL) Vom 17. Mai 2005, GVBl. I S. 382

Yao Y, Imirzalioglu C, Hain T, Kaase M, Gatermann S, Exner M, Mielke M, Hauri A, Dragneva Y, Bill R, Wendt C, Wirtz A, Domann E, Chakraborty T. Complete Nucleotide Sequence of a *Citrobacter freundii* Plasmid Carrying KPC-2 in a Unique Genetic Environment. *Genome Announc.* 2014; 2(6). pii: e01157-14. doi: 10.1128/genomeA.01157-14.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Messstellen der Frankfurter Oberflächengewässer	11
Abbildung 2:	Entwicklung der Ausbaustufen der kommunalen und industriellen Abwasser- reinigungsanlagen der Frankfurter Oberflächengewässer	12
Abbildung 3:	In den Frankfurter Oberflächengewässern gemessenen Temperaturen über die Jahre 1996-2017 insgesamt (oben) und getrennt nach Jahreszeiten (Quartalen) unten.....	17
Abbildung 4:	E-coli-Konzentration in Main und Nidda (Messwerte 1996 – 2017)	23
Abbildung 5:	Intestinale Enterokokken-Konzentration in Main und Nidda (Messwerte 2005 – 2017).....	23
Abbildung 6:	Ergebnisse der Untersuchungen der Frankfurter Oberflächengewässer auf KBE 20°C, KBE36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Strepto- kokken in verschiedenen 5-Jahreszeiträumen (5-Jahres-Mittelwerte; angegeben sind Erreger/100ml).....	25
Abbildung 7:	Ergebnisse der Untersuchungen der Frankfurter Oberflächengewässer auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal- Streptokokken in Abhängigkeit von dem Einfluss einer Kläranlage (angegeben sind Erreger/100ml).....	28
Abbildung 8:	Ergebnisse der Untersuchungen der Frankfurter Oberflächengewässer auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal- Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml).....	29
Abbildung 9:	Main bei Fechenheim (Main 1): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml)	32
Abbildung 10:	Main bei Höchstler Fähre (Main 2): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml)	33
Abbildung 11:	Nidda am Rödelheimer Wehr (Nidda 1): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal- Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml).....	36
Abbildung 12:	Nidda bei Harheim (Nidda 2): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml).....	37
Abbildung 13:	Erlenbach vor der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Erlenbach 1): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5- Jahreszeiträumen, Erreger/100ml).....	40
Abbildung 14:	Erlenbach direkt nach der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Erlenbach 2): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°Grad, KBE 36°Grad, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml)	41
Abbildung 15:	Erlenbach 1000m nach der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Erlenbach 3): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°Grad, KBE 36°Grad, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml)	42
Abbildung 16:	Eschbach vor der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Eschbach 1): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5- Jahreszeiträumen, Erreger/100ml).....	45
Abbildung 17:	Eschbach direkt nach der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Eschbach 2): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml)	46
Abbildung 18:	Eschbach 1000m nach der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Eschbach 3): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml)	47

Abbildung 19:	Urselbach vor der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Urselbach 1): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml)	50
Abbildung 20:	Urselbach direkt nach der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Urselbach 2): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°Grad, KBE 36°Grad, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml)	51
Abbildung 21:	Urselbach 1250m nach der Abwasser-Reinigungs-Anlage (Urselbach 3): Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°Grad, KBE 36°Grad, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml)	52
Abbildung 22:	Sulzbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml)	55
Abbildung 23:	Sulzbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml)	58
Abbildung 24:	Königsbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml)	61
Abbildung 25:	Liederbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml)	64
Abbildung 26:	Rebstockweiher: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml)	66
Abbildung 27:	Westerbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100ml)	68

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	DIN 19650 Hygienisch-mikrobiologische Klassifizierung von Bewässerungswasser (1)	5
Tabelle 2:	Bewertungsgrundlage Badegewässer gemäß EU Richtlinie 2006/7	8
Tabelle 3:	Gewässer und Probenahmestellen-Bezeichnung.....	10
Tabelle 4:	Kenngrößen der kommunalen und industriellen Abwasser-Reinigungs-Anlagen.....	13
Tabelle 5:	Untersuchte Parameter und Methoden.....	14
Tabelle 6:	Fließvolumen einiger Frankfurter Oberflächengewässer [m ³ /h]	15
Tabelle 7:	Überblick über die Einstufung der Frankfurter Oberflächengewässer in die Eignungsklassen nach DIN 19650	18
Tabelle 8:	Eignungsklassen (E-Klassen) gem. DIN 19650 für die Bewässerung in Landwirtschaft, Gartenbau, Landschaftsbau sowie von Park- und Sportanlagen (zu den Kriterien der Eignungsklasse s. Tabelle 1)	19
Tabelle 9:	Positive Salmonellen-Befunde in Frankfurter Oberflächengewässern 1997-2017.....	21
Tabelle 10:	Korrelationsanalysen zwischen den mikrobiologischen Parametern im Jahrestrend, im Zusammenhang mit einem möglichen Einfluss von Kläranlagen und von weiteren chemischen und physikalischen Parametern – dargestellt sind bivariate Korrelationen	26
Tabelle 11:	Main: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml).....	31
Tabelle 12:	Nidda: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml).....	35
Tabelle 13:	Erlenbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml).....	39
Tabelle 14:	Eschbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml).....	44
Tabelle 15:	Urselbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml).....	49
Tabelle 16:	Sulzbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml).....	54
Tabelle 17:	Kalbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml).....	57
Tabelle 18:	Königsbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml).....	60
Tabelle 19:	Liederbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml).....	63
Tabelle 20:	Rebstockweiher: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml).....	65
Tabelle 21:	Westerbach: Ergebnisse der Untersuchungen auf KBE 20°C, KBE 36°C, Fäkal- und Gesamt-Coliforme sowie Fäkal-Streptokokken im zeitlichen Trend (angegeben in 5-Jahreszeiträumen, Erreger/100 ml).....	67
Tabelle 22:	Ergebnisse der Beprobungen von Eschbach und Mühlgraben auf multiresistente Erreger – im Mai und Juni 2017	70
Tabelle 23:	Ergebnisse der Untersuchung der Frankfurter Oberflächengewässer auf antibiotikaresistente Erreger – Beprobung 26.09.2017	72
Tabelle 24:	Ergebnisse der Untersuchung der Frankfurter Oberflächengewässer auf Antibiotika – Beprobung 26.09.2017	73

