Überwachung von Fließgewässern im Saarland in einem online-Monitoring Programm

Ellbach

November 2015 bis Mai 2016

Dipl.-Geogr. Angelika Meyer, Dipl.-Ing. (FH) Elisabeth Fünfrocken,
Prof. Dr. Horst P. Beck, Prof. Dr. K. Hegetschweiler
Universität des Saarlandes
Institut für Anorganische und Analytische Chemie
Postfach 15 11 50
66041 Saarbrücken
Tel.: 0681-302-4230

www.gewässer-monitoring.de Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz, Referat E / 2 Wasser und Abwasser

INHALT

1. EINLEITUNG	6
2. GRUNDLAGEN	8
2.1 TECHNISCHE GRUNDLAGEN	8
2.2 Untersuchungsraum und Standorte	9
3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION	12
3.1 Nährstoffe	13
3.2 CHEMISCH-PHYSIKALISCHE MESSGRÖßEN	22
3.3 Ergebnisse der manuellen Beprobungen durch die Behörde	27
3.4 TABELLARISCHE ÜBERSICHT	31
4. ZUSAMMENFASSUNG	32
5. LITERATUR	33
6. ANHANG	34

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN UND TABELLEN

- Abbildung 1-1: Standorte der Messstationen (Quelle: MUV)
- Abbildung 2.1-1: Schematische Darstellung einer mobilen Messstation
- Abbildung 2.2-1: Einzugsgebiet des Ellbaches (Quelle: MUV)
- Abbildung 2.2-2: Standort der Messstation in Saarwellingen (Maßstab ca. 1:8.000; Quelle: Zora)
- Abbildung 2.2-3: Standort der Messstation in *Saarwellingen* und Mündung in die Saar sowie Lage des Pegels in *Saarlouis-Roden* (Maßstab ca. 1:19.000; Quelle: Zora)
- Abbildung 3.1-1: Tageszyklen von Ammonium und Phosphor sowie Gehalte an TOC und Nitrat (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (23. Dezember 2015 bis 3. Januar 2016).
- Abbildung 3.1-2: Konzentrationen von Ammonium, Phosphor und TOC sowie Nitrat (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (10. März bis 4. April 2016)
- Abbildung 3.1-3: Frachten von Ammonium, Phosphor und TOC sowie Nitrat (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (12. März bis 11. April 2016)
- Abbildung 3.1-4: Einträge von Ammonium, Phosphor und TOC aus Mischwasserentlastung (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (12. bis 18. November 2015)
- Abbildung 3.1-5: Gehalte von Ammonium und ortho-Phosphat (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (29. November 2015 bis 8. Februar 2016)
- Abbildung 3.1-6: Einträge von Phosphor und TOC sowie Trübung (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (5. bis 13. Februar 2016)
- Abbildung 3.1-7a: Korrelation von ortho-Phosphat zu Gesamt-Phosphor (Station *Saarwellingen*) über den gesamten Messzeitraum
- Abbildung 3.1-7b: Korrelation von ortho-Phosphat zu Gesamt-Phosphor (Station *Saarwellingen*) am 13. und 14. November 2016
- Abbildung 3.1-8: Abhängigkeit von TOC zu Abfluss (Station *Saarwellingen*) über den gesamten Messzeitraum
- Abbildung 3.1-9: Konzentrationsverläufe von Nitrat (Station *Saarwellingen*) und Orientierungswert, Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (11. November 2015 bis 26. Januar 2016)
- Abbildung 3.1-10: Vergleich der Konzentrationsverläufe von Nitrat im Ellbach (Station *Saarwellingen*) und im Bommersbach (Station *Bous*), Abfluss (Pegel *Roden* angepasst), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (3. März bis 28. Mai 2016)

Abbildung 3.2-1: Abnahme der Sauerstoff-Gehalte und der Leitfähigkeit sowie Temperatur und pH-Wert (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (24. Januar bis 14. Februar 2016)

Abbildung 3.2-2: Sauerstoff-Gehalte in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Saarwellingen*) im Vergleich zur Sauerstoffsättigung bei Normaldruck über den gesamten Messzeitraum

Abbildung 3.2-3: Tageszyklen von Sauerstoff, Temperatur und pH-Wert (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (18. April bis 15. Mai 2016)

Abbildung 3.2-4: Sauerstoff-, Ammonium- und TOC- Gehalte (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (25. November 2015 bis 29. Januar 2016)

Abbildung 3.2-5: Abnahme der Leitfähigkeit bei Regen und Anstieg in Folge von Streusalz-Einträgen (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (8. bis 28. Januar 2016)

Abbildung 3.3-1: Jahres-Mediane von Cobalt, Arsen und TOC mit signifikant fallendem Trend (manuelle Beprobungen durch das LUA in *Steinrausch*, 2006 bis 2014)

Abbildung 3.3-2: Jahres-Mediane von Kupfer und Bei mit signifikant fallendem Trend (manuelle Beprobungen durch das LUA in *Steinrausch*, 2006 bis 2014)

Abbildung 3.3-3: Einzelne Gehalte an Sauerstoff, Temperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit (manuelle Beprobungen durch das LUA in *Steinrausch*, 2005 bis 2014)

Abbildung 3.3-4: Einzelne Gehalte an Ammonium-N, Nitrat-N, Nitrit-N und Gesamt-Stickstoff (manuelle Beprobungen durch das LUA in *Steinrausch*, 2005 bis 2014)

Abbildung 3.3-5: Einzelne Gehalte an ortho-Phosphat-P, Gesamt-Phosphor und TOC (manuelle Beprobungen durch das LUA in *Steinrausch*, 2005 bis 2014)

Abbildung 3.3-6: Einzelne Gehalte an Nitrat im Vergleich mit den Ablaufwerten am Pegel Saarlouis-Roden (manuelle Beprobungen durch das LUA in Steinrausch, 2005 bis 2014)

Abbildung 6-1: Standort der Messstation auf dem Gelände der EVS Pumpstation in Saarwellingen

Abbildung 6-2: Wassertemperatur (Messstation Saarwellingen), Abfluss (Pegel Saarlouis-Roden) sowie Niederschläge, Lufttemperatur und Globalstrahlung (Wetterstation Saarwellingen) über den gesamten Messzeitraum

Abbildung 6-3a: Datenblatt Umweltziele / Bewirtschaftungsziele für den Ellbach 2006 (Quelle: [3])

Abbildung 6-3b: Datenblatt Umweltziele / Bewirtschaftungsziele für den Ellbach 2012 (Quelle: [2])

Abbildung 6-4a und 4b: Verteilung der Messwerte der online erhobenen Parameter Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoff und Temperatur im Messzeitraum

Abbildung 6-4c und 4d: Verteilung der Messwerte der online erhobenen Parameter Ammonium, Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat, Nitrat und TOC im Messzeitraum

Abbildung 6-5a und 5b: Verteilung der ermittelten Frachten der online erhobenen Parameter Ammonium-N, Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat-P, Nitrat-N und TOC im Messzeitraum

Tabelle 3.4-1: Mittel, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte des Ellbaches in *Saarwellingen* vom 10. November 2015 bis 31. Mai 2016, Orientierungswerte für den guten chemischen Zustand (Gewässertyp 5.1) [3] und Grenzwert der Nitrat-Richtlinie sowie Anzahl der zugrunde liegenden Stundenmittelwerte bzw. Einzelmessungen (n)

Tabelle 3.5-2: Mittel, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Frachten des Ellbaches in *Saarwellingen* vom 10. November 2015 bis 31. Mai 2016 sowie die Gesamtfracht im Messzeitraum

Tabelle 6-1: Messparameter, Messbereiche und -methoden in den Messstationen

Tabelle 6-2: Mittelwerte, Minima und Maxima der monatlichen Beprobungen des LUA in *Saarlouis-Steinrausch* von 2005 bis 2014

Tabelle 6-5a und b: Grundlagendaten (a) und Ergebnisse (b) des Tests auf Normalverteilung der Mediane verschiedener Parameter (LUA 2005 -2014) (*Saarlouis-Steinrausch*)

Wir möchten an dieser Stelle denjenigen recht herzlich danken, die uns während des Messzeitraumes fachlich und praktisch bei der Durchführung des Projektes unterstützt haben:

Herrn Dr. Götzinger und Herrn Becker vom Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, dem BUND Saar,

Herrn Dr. Haybach, Frau Willmann, Herrn Franzen,

Herrn Rigoll, Frau Lay, Herrn Knech und Herrn A. Schmitt,

vom Landesamt für Umwelt - und Arbeitsschutz,

Herrn Dr. Hasselbach, Herrn Perius und Herrn Resch vom EVS sowie

den Mitarbeitern der Kläranlage Saarwellingen.

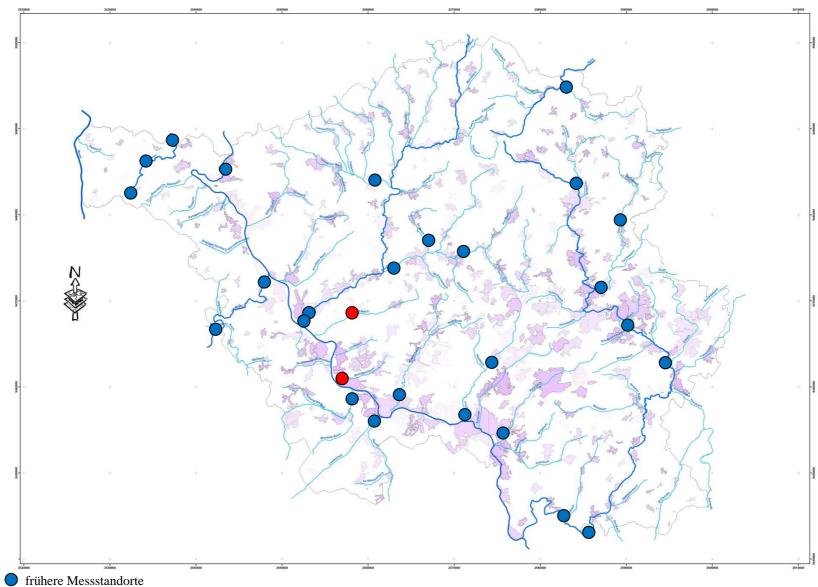
1. Einleitung

Zeitlich hoch aufgelöste Messungen, welche Messdaten in einer Frequenz von wenigen Minuten liefern, erlauben nicht nur die Erstellung eines genauen Abbilds der Konzentrationsverläufe in einem Fließgewässer. Sie ermöglichen zudem eine Differenzierung zwischen punktuellen und diffusen Einträgen sowie die Ermittlung ihrer Eintragspfade.

Mithilfe der von der Arbeitsgruppe GEWÄSSERMONITORING der Universität des Saarlandes im Rahmen eines EU-LIFE-Projektes¹ konzipierten mobilen Messstationen können Nährstoffparameter wie Phosphor, TOC (total organic carbon, gesamter organischer Kohlenstoff) und Stickstoff in Form von Nitrat und Ammonium sowie weitere Messgrößen wie Wassertemperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit und Trübung in sehr hoher zeitlicher Auflösung ermittelt werden. Diese Stationen werden seither in Ergänzung der Überwachungsprogramme zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz (MUV) des Saarlandes eingesetzt. Hauptaugenmerk liegt dabei auf denjenigen Oberflächenwasserkörpern, die ökologisch und chemisch schlechter als gut eingestuft wurden. Die im Folgenden dargestellte Karte des Saarlandes (Abbildung 1-1) zeigt die Standorte, an denen bereits gemessen wurde (blau), sowie die Messstandorte des aktuellen Berichtszeitraumes (rot).

_

¹ LIFE00 ENV/D/000337: "Ferngesteuerte Kontrolle des eutrophierenden Eintrags aus diffusen Quellen in der Region SAAR-LOR-LUX" (EUTROPH MONITOR) in den Betrachtungsräumen Nied und Attert (2001 – 2004)



Standorte im Berichtszeitraum an Ellbach und Bommersbach (Winter 2015/2016)
Abbildung 1-1: Standorte der Messstationen (Quelle: MUV)

2. Grundlagen

2.1 Technische Grundlagen

Die mobilen Messstationen werden in der Regel am Ende der Flüsse aufgestellt, um ein möglichst umfassendes Bild der Belastungen des Gewässers zu erhalten.

Eine Tauchpumpe fördert kontinuierlich das Flusswasser in den in der Messstation befindlichen Probentopf; über ein weiteres Rohrsystem wird der Überlauf des Probentopfes ins Gewässer zurück geleitet (siehe Abbildung 2.1-1). Im Probentopf selbst befinden sich die Messsonden für Nitrat, Trübung, SAK, Temperatur, Sauerstoff, pH-Wert und Leitfähigkeit sowie die Entnahme-Einheiten der online-Photometer für die Bestimmung der Konzentrationen von Phosphor, TOC² und Ammonium. So können – je nach Messmethode – sehr kurze Messintervalle zwischen wenigen Sekunden und zehn Minuten (bei TOC zwanzig Minuten) realisiert werden (siehe Anhang Tabelle 6-1). Die Messwerte werden im Fünfminuten-Rhythmus von einem Datenlogger erfasst und können dort über ein Mobilfunk-Modem abgerufen werden.

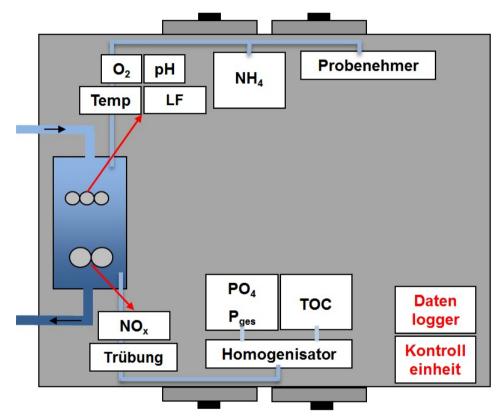


Abbildung 2.1-1: Schematische Darstellung einer mobilen Messstation

Um die Funktionalität der einzelnen Messgeräte zu überprüfen, werden etwa alle sieben bis zehn Tage Proben aus dem Probentopf entnommen, im Labor analysiert und den online ermittelten Werten gegenübergestellt. Dabei werden auch die Gehalte von Nitrit und TNb³ gemessen. Darüber hinaus werden Proben aus dem Fluss gezogen und mit den Messwerten verglichen, um sicherzustellen, dass das Probengut durch den Transport in die Messstation nicht verändert wird. Abschließend erfolgt eine Interpretation der gewonnenen Datenreihen unter Berücksichtigung von Klimadaten und Abflüssen sowie von Informationen über die geologische Ausstattung des Einzugsgebietes, Landnutzung, Einleiter etc..

² TOC: Total Organic Carbon, Gesamter organischer Kohlenstoff

³ TNb: Total Nitrogen bound, Gesamter gebundener Stickstoff

2.2 Untersuchungsraum und Standorte

Der Ellbach (umgangssprachlich auch Mühlenbach, Millenbach oder Millbach) entspringt bei *Falscheid* und mündet bei *Saarlouis-Roden* von rechts kommend in die Saar [1]. Er entwässert über 15,5 km Fließstrecke ein Einzugsgebiet von etwa 46 km² [2], der Mittlere Abfluss (MQ) am Pegel *Saarlouis-Roden* beträgt 0,339 m³/s [3].

Der Ellbach zählt zum Fließgewässertyp 5.1, den feinmaterialreichen, silikatischen Mittelgebirgsbächen [3]. In diesem Fließgewässertyp sind hauptsächlich "Bäche des permischen bzw. karbonischen Grundgebirges und Bäche des Buntsandsteins (Deckgebirge) mit wechselnden Anteilen an vorwiegend feinkörnigen bis kiesigen, mobilen Sohlensubstraten (tiefgründig lockersohlig)" zusammengefasst [4].

Das Einzugsgebiet des Ellbaches ist zu einem Drittel mit Wald, zu einem Viertel mit Acker und zu 18% mit Grünland bedeckt; auf ca. 20% der Fläche befinden sich Siedlungen. Die größten Zuflüsse (über 2 km Länge) sind Heßbach, Lohbach, Labacher Mühlenbach und Bubach [3].

Der Ellbach verläuft meist im Siedlungsrandbereich und ist teilweise massiv technisch ausgebaut. Er wurde streckenweise begradigt "und in seinem Gewässerprofil durch künstliche Uferbefestigung eingeengt. In Fließrichtung rechts wurden Auffüllungen bis zu einer Mächtigkeit von 2 m durch Ablagerungen von Hausmüll, Bauschutt und Erdmassen vorgenommen". Es gibt jedoch auch noch naturnah ausgebildete Abschnitte [5].

Im oberen Einzugsgebiet kam es immer wieder zu teilweise starken Geländebewegungen infolge von Bergschäden. Daher verläuft der Bach streckenweise unter der Geländeoberfläche, bisweilen ändert er sogar die Fließrichtung. Diese Geländebewegungen verursachen zudem Beschädigungen an den Kanälen, so dass stellenweise unkontrolliert Abwasser (oder auch Frischwasser) in das oberflächennahem Grundwasser und somit in das Gewässer diffundiert oder umgekehrt ein deutlich erhöhter Anteil von Fremdwasser in die defekten Kanäle gelangt [mündl. Mitteilungen MUV/LUA; Dezember 2016].

Im Raum *Saarwellingen* existieren viele Brunnenbohrungen, in denen zum Teil stark erhöhte Nitratgehalte gemessen werden [5].

Im Einzugsgebiet des Ellbaches befindet sich südwestlich der Ortslage Saarwellingen ein 1995 ausgewiesenes Naturschutzgebiet. Es erstreckt sich über eine Gesamtfläche von ca. 56 ha und dient der "Erhaltung, Pflege und Entwicklung eines Abschnittes des Ellbachtales mit einer naturnah ausgeprägten Auenlandschaft und einer natürlichen Fließgewässerdynamik" [6].

Derzeit gibt es im Einzugsgebiet des Ellbaches noch vier kommunale Kläranlagen verschiedener Bauart: die Kläranlage *Saarwellingen* (Einbeckenreaktor) mit 14.000 Einwohnerwerten (EW), die Kläranlage *Nordschacht* (belüfteter Teich) mit 1.000 EW, die Kläranlage *Falscheid* (Belebung mit gem. aerob. Stabilisation) mit 1.000 EW nach Sanierung Hauptsammler Saarwellingen und die Kläranlage *Hoxberg* (Einbeckenreaktor) mit 300 EW). Die im Jahre 2006 sanierte Kläranlage *Saarwellingen* ist mit 14.000 EW die größte Kläranlage im Einzugsgebiet, angeschlossen sind die Haushalte sowie die Industrie- und Gewerbegebiete der Gemeinde *Saarwellingen* (mit den Ortsteilen *Saarwellingen*, *Schwarzenholz* und *Reisbach*) [7]. In der Kläranlage *Nordschacht* hingegen fallen kaum noch Abwässer an, da hierhin der inzwischen geschlossene Standort der RAG entwässerte. Des Weiteren existieren im Einzugsgebiet 67 Mischwasser-Direkteinleiter [MUV] [7].

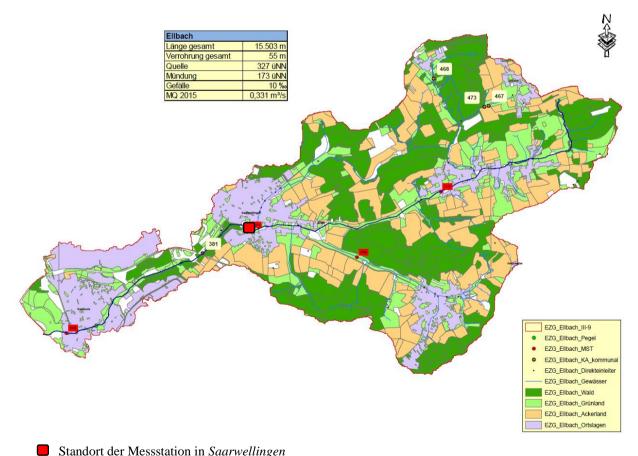
Im Rahmen der Umsetzung der WRRL wurde der Ellbach dem Betrachtungsraum Mittlere Saar zugeordnet und als Oberflächenwasserkörper (OWK) III-9 kategorisiert [3]. Im Bewirtschaftungsplan 2009 wurde die ökologische Bewertung mit "unbefriedigend" vorgenommen [3], im Entwurf des Bewirtschaftungsplanes 2015 wurde die Bewertung in "schlecht" umgewandelt. Gründe hierfür sind "Veränderung aufgrund eines grundsätzlich veränderten Vorgehens beim Monitoring und/oder Zustandsbewertung" [2]. Als Maßnahmen im Einzugsgebiet des Ellbaches sind dabei Aktionen zur Reduzierung des Ammoniumeintrags und generell des Stickstoffes, zur Reduzierung der organischen Belastung (TOC, BSB₅), zur Reduzierung des Eintrags von Phosphor im Einzugsgebiet oberhalb der Kläranlage Saarwellingen sowie eine Optimierung der Phosphor-Reduzierung der Kläranlage Saarwellingen vorgesehen. Zudem wird derzeit bereits die Sanierung bzw. Nachrüstung der Hauptsammler, Niederschlagswasserbehandlungsanlagen und Ortskanalisationen in Saarwellingen, Fraulautern, Roden und Steinrausch durchgeführt. Im Hinblick auf eine Verbesserung der

Hydromorphologie sind darüber hinaus Maßnahmen zur Behebung hydromorphologischer Beeinträchtigungen und zur Verbesserung bzw. Wiederherstellung der Durchgängigkeit erforderlich [8].

Die online-Messstation war vom 10. November 2015 bis 31. Mai 2016 in *Saarwellingen* auf dem Gelände des EVS (Koordinaten: R 2558338 H 5468473) installiert. Dieser Standort wurde gewählt, um ein von der Kläranlage *Saarwellingen* unbeeinflusstes Bild der Situation zu erhalten. Auch der Abfluss der Mischwasserentlastungsanlage, auf deren Gelände die Station installiert war, wurde bei der kontinuierlichen Probenahme nicht mit erfasst. Die Entfernung des Messstandortes zur Mündung betrug etwa 6,5 km (siehe Abbildung 2.2-1 bis 2.2-3 und Abbildung 6-1 im Anhang).

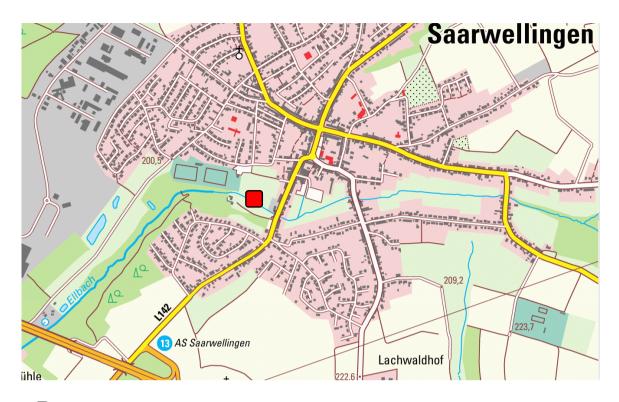
In der Messstation wurden alle in Kapitel 2.1 genannten Parameter kontinuierlich erfasst; im Rahmen der Qualitätssicherung wurden wöchentlich vor Ort Vergleichsmessungen der elektrochemischen Parameter durchgeführt sowie Proben entnommen und im Labor auf Ammonium-, Nitrat-, Nitrit- und TNb, Phosphor, TOC sowie TIC untersucht.

Zur Interpretation der Messdaten wurden die durch das Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz des Saarlandes (LUA) erhobenen Abfluss-Daten des Pegels *Saarlouis-Roden* und die Wetter-Daten der Wetterstation in *Saarlouis* herangezogen (siehe Abbildung 6-2 im Anhang). Aufgrund der Entfernung des Messstandortes zum Pegel (ca. 4,5 km) wurde zur Berechnung des Abflusses der vom LUA ermittelte Gebietsfaktor von 0,85 (LUA-Messstelle in der Vorstadtstrasse in *Saarwellingen*) für den Messstandort auf die in *Saarlouis-Roden* erhobenen Abflussdaten angewandt. Auch die Kalkulation der Frachten erfolgt auf Grundlage der angepassten Abflussmengen. In den Abbildungen ist der Abfluss daher mit der Bezeichnung "*Roden angepasst*" gekennzeichnet. Ein Zeitversatz zwischen der Messstelle und dem Pegel wurde nicht berücksichtig, da dieser bei größeren Abflussmengen weniger als eine Stunde beträgt, bei geringeren Abflüssen nur unwesentlich mehr.



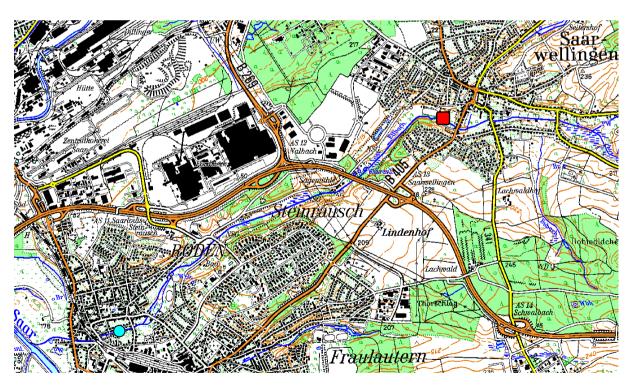
Standort der Wessstation in Saarweitingen

Abbildung 2.2-1: Einzugsgebiet des Ellbaches (Quelle: MUV)



■ Standort der Messstation in Saarwellingen

Abbildung 2.2-2: Standort der Messstation in Saarwellingen (Maßstab ca. 1:8.000; Quelle: Zora)



■ Standort der Messstation in Saarwellingen

O Pegel in Saarlouis-Roden

Abbildung 2.2-3: Standort der Messstation in *Saarwellingen* und Mündung in die Saar sowie Lage des Pegels in *Saarlouis-Roden* (Maßstab ca. 1:19.000; Quelle: Zora)

3. Ergebnisse und Diskussion

In den folgenden Kapiteln werden einige signifikante Beobachtungen beschrieben, die während des Winterhalbjahres 2015/16 mit Hilfe der mobilen Messstationen am Ellbach in *Saarwellingen* gewonnen werden konnten.

Den Abbildungen liegen - soweit nicht anders vermerkt - die Stundenmittelwerte der erhobenen Messdaten zugrunde, da sich diese direkt mit den vom LUA zur Verfügung gestellten Stundenmittelwerten der Abflüsse sowie den Stundensummen der Niederschläge vergleichen lassen und zudem ein hoch aufgelöstes Bild der Konzentrationsverläufe wiedergeben. Alle erfassten Daten wurden dem Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz des Saarlandes gleichzeitig mit diesem Bericht in evaluierter Form als Fünfminutenwerte, Stundenmittelwerte, Tagesmittelwerte, Tagesminima und Tagesmaxima übergeben.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde in die Kapitel "Nährstoffe" und "chemisch-physikalische Messgrößen" untergliedert. Die Betrachtung erfolgt dabei keineswegs losgelöst voneinander, sondern immer auch im Hinblick auf die Veränderungen der übrigen, gleichzeitig erhobenen Messgrößen und Abflusssituationen, Niederschläge etc. (s.o.). Des Weiteren wird eine Betrachtung der Trends der wichtigsten Parameter vorgenommen, welche sich aus den Ergebnissen der manuellen Beprobungen der letzten Jahre durch die Behörde ergibt, sowie ein tabellarischer Vergleich mit den Orientierungswerten und eine Darstellung der ermittelten Frachten durchgeführt.

3.1 Nährstoffe

Der Messstandort wurde oberhalb der Kläranlage Saarwellingen gewählt, um die Einleitungen der größten Kläranlage im Einzugsgebiet nicht zu erfassen. Dennoch zeigten sich, vor allem in regenärmeren Phasen, die für Kläranlagen typischen Tagesgänge von Ammonium- und ortho-Phosphat-Zyklen im Gewässer (siehe Abbildung 3.1-1). Da die anderen drei Kläranlagen (KA Nordschacht, KA Falscheid und KA Hoxberg) sehr weit vom Messort entfernt liegen und sich Konzentrationsspitzen im Flussverlauf ausgleichen, können solche klar ausgeprägten Signale nicht von Einleitungen aus diesen Kläranlagen hervorgerufen werden. Die Einträge müssen aus der Nähe des Messortes stammen und sind daher mit hoher Wahrscheinlichkeit auf einen defekten Kanal bzw. ein defektes Mischwasserentlastungsbauwerk zurückzuführen, aus dem auch bei Trockenwetter ungeklärtes Abwasser - im typischen Tagesrhythmus - in das Gewässer gelangt.

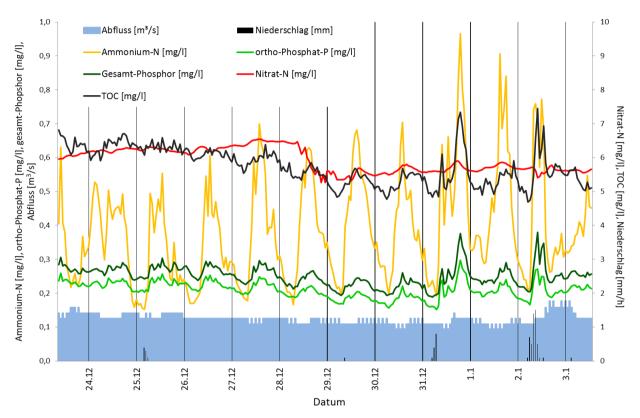


Abbildung 3.1-1: Tageszyklen von Ammonium und Phosphor sowie Gehalte an TOC und Nitrat (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (23. Dezember 2015 bis 3. Januar 2016)

Derartige Probleme treten immer wieder auf. In Trockenphasen steigen dabei die Konzentrationen von Ammonium und Phosphor kontinuierlich an. So erreichten die Ammonium-N-Gehalte im März 2 mg/l (siehe Abbildung 3.1-2). Bei Regen werden dann z.T. noch zusätzliche Nährstoffe eingespült. Anfang April scheint das Problem kurzfristig behoben.

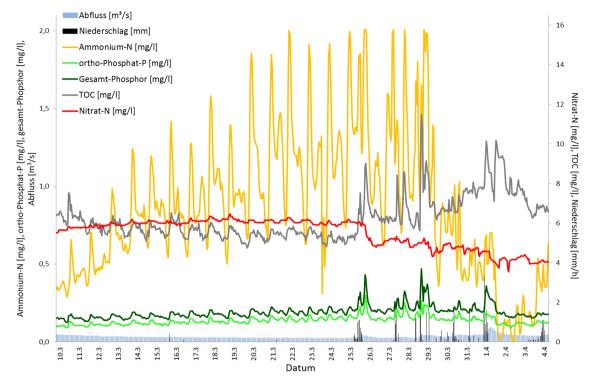


Abbildung 3.1-2: Konzentrationen von Ammonium, Phosphor und TOC sowie Nitrat (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (10. März bis 4. April 2016)

Durch diese unkontrollierten Eileitungen kommt es zum Eintrag von bis zu 2,5 kg Ammonium-N pro Stunde (siehe Abbildung 3.1-3).

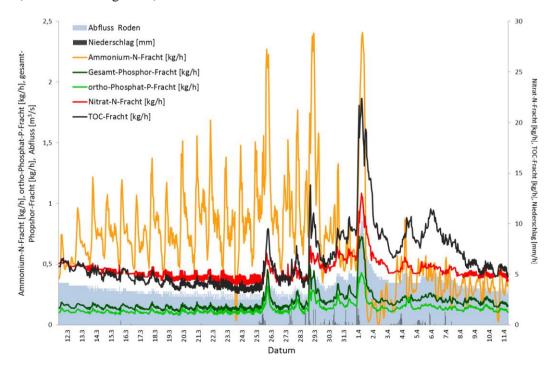


Abbildung 3.1-3: Frachten von Ammonium, Phosphor und TOC sowie Nitrat (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (12. März bis 11. April 2016)

Darüber hinaus kommt es bei stärkeren Regefällen zu Abschlägen aus den Mischwasserentlastungsbauwerken. Dabei gelangen wiederum große Mengen an Ammonium⁴ und Phosphor, aber auch TOC in das Gewässer (siehe Abbildung 3.1-4). Diese Abwässer enthalten zudem kaum Sauerstoff, sodass es zu einem Abfallen der Sauerstoff-Konzentrationen kommt, und in der Folge durch den Abbau der Abwässer zusätzlich Sauerstoff verbraucht wird (vgl. auch Kapitel 3.2).

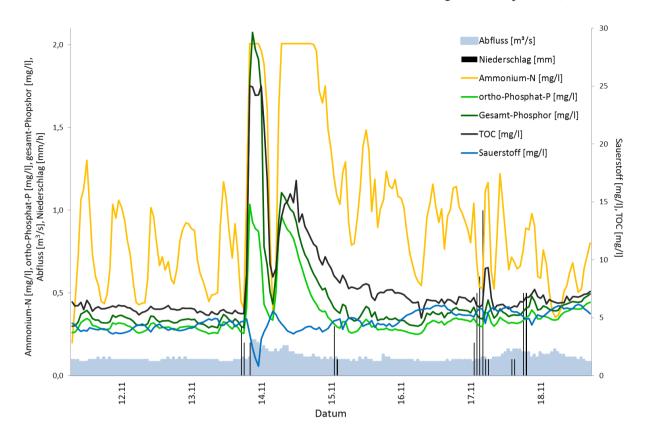


Abbildung 3.1-4: Einträge von Ammonium, Phosphor und TOC aus Mischwasserentlastung (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (12. bis 18. November 2015)

_

deutlich überschritten.

⁴ Die Messbereichsobergrenze des Ammonium-Analysators beträgt 2 mg/l, dieser Wert wurde am 14. November

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass am Ellbach fast durchgehend eine hohe Belastung an Nährstoffen herrscht (siehe Abbildung 3.1-5). Wie in vielen anderen Gewässern auch liegen die Konzentrationen von ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor dauerhaft über den geforderten Orientierungswerten (vgl. Kapitel 3.4). Lediglich während stärkerer Niederschläge bzw. erhöhtem Abfluss gehen die Gehalte manchmal etwas zurück. Ähnliches gilt für Ammonium, allerdings sind Konzentrationsschwankungen größer. Die Gehalte von Ammonium und ortho-Phosphat verlaufen die meiste Zeit parallel, bei niedrigen Außentemperaturen, wie in der 2. Januarhälfte, steigen die Ammonium- im Gegensatz zu den Phosphat-Gehalten jedoch an (siehe Abbildung 3.1-5). Grund hierfür sind die geringeren Abbauraten von Ammonium bei kaltem Wetter in den Kläranlagen. Die Phosphat-Konzentrationen sind davon nicht betroffen. Dies ist ein Beleg dafür, dass eine hohe Grundbelastung des Ellbaches an ortho-Phosphat und Ammonium von den kleinen Kläranlagen im Oberlauf ausgeht.

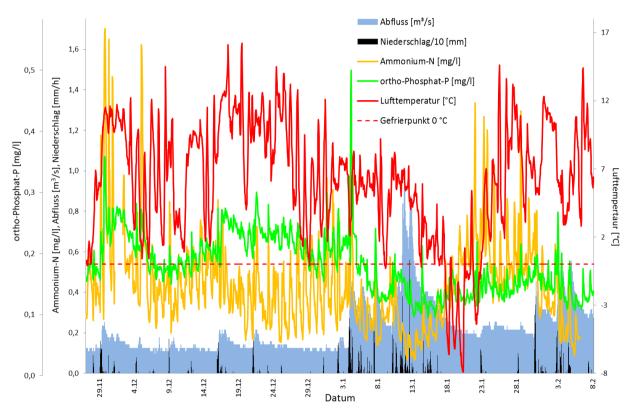


Abbildung 3.1-5: Gehalte von Ammonium und ortho-Phosphat (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (29. November 2015 bis 8. Februar 2016)

Selten kommt es durch einen Anstieg des Abflusses zu kurzfristigen Verdünnungseffekten von Gesamt-Phosphor, TOC und einem Rückgang der Trübung. Bei den in Abbildung 3.1-6 dargestellten beiden Abfluss-Ereignissen werden zunächst Trübstoffe sowie TOC und partikelgebundenes Phosphor⁵ in das Gewässer eingespült. Dieses Wasser stammt mit hoher Wahrscheinlichkeit aus landwirtschaftlich genutzten, mit Phosphor gedüngten Flächen. Während der zweiten Abflusswelle steigt der ortho-Phosphat-Gehalt an, während die Konzentrationen von TOC und Gesamt-Phosphor sowie die Trübung kurzfristig zurückgehen, um wenig später wieder anzusteigen. Dies lässt vermuten, dass durch den Regen zunächst eher kommunales Abwasser in das Gewässer gelangt und dann mit etwas Zeitverzögerung wiederum Abspülungen von Landwirtschaftsflächen das Gewässer erreichen. Die Belastungen, die mit dieser Wasserwelle einhergehen, stammen also aus direkten und diffusen Eintragsquellen.

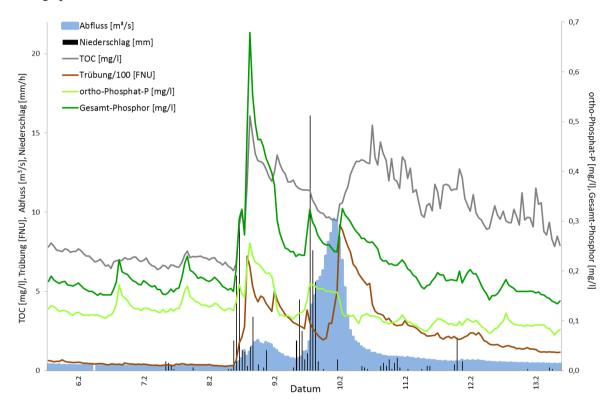


Abbildung 3.1-6: Einträge von Phosphor und TOC sowie Trübung (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (5. bis 13. Februar 2016)

⁵ Der Anteil an partikelgebundenem Phosphor ergibt sich aus der Differenz von Gesamt-Phosphor und dem gelösten Anteil ortho-Phosphat-P.

Phosphor-Einträge aus der Fläche, die sich durch einen großen Konzentrationsunterschied von ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor auszeichnen, sind allerdings nur selten zu beobachten. Daher ergibt sich über den gesamten Messzeitraum betrachtet eine hohe Korrelation zwischen Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat (siehe Abbildung 3.1-7a). Die beiden roten Pfeile markieren dabei den zeitlichen Verlauf der beiden Extrem-Ereignisse innerhalb des Messzeitraumes, bei denen es zu einer sehr hohen stoßweisen Belastung kam. Diese sind in Abbildung 3.1-7b näher erläutert.

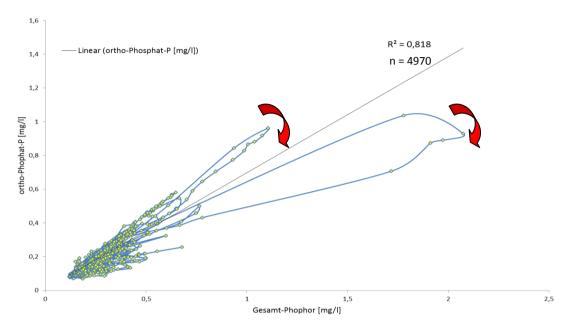


Abbildung 3.1-7a: Korrelation von ortho-Phosphat zu Gesamt-Phosphor (Station *Saarwellingen*) über den gesamten Messzeitraum

Im November konnten an zwei aufeinander folgenden Tagen stoßweise Einträge von Phosphor beobachtet werden. Am ersten Tag wird sehr viel Gesamt-Phosphor eingetragen, der Anteil an ortho-Phosphat ist dabei etwas höher als am zweiten Tag. Es kann also davon ausgegangen werden, dass in diesem Fall zunächst der Anteil der diffusen Einträge höher war und erst später Einleitungen über das Kanalsystem erfolgten. Je nachdem, wo der Regen niedergeht, wirken sich die Einflüsse zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf das Gewässer aus.

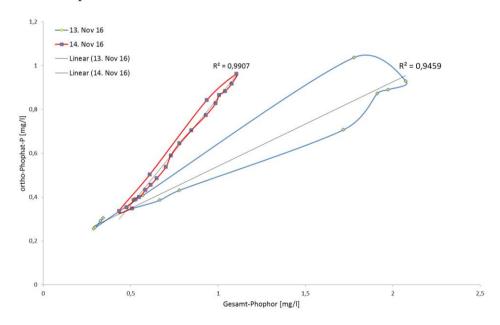


Abbildung 3.1-7b: Korrelation von ortho-Phosphat zu Gesamt-Phosphor (Station *Saarwellingen*) am 13. und 14. November 2016

Zudem zeigen weder TOC noch Gesamt-Phosphor eine Abhängigkeit vom Abfluss. Eine hohe Abhängigkeit dieser Stoffe vom Abfluss wäre gerade im Herbst ein guter Indikator für flächenhafte Einträge. Die im Messzeitraum beobachteten Belastungen an Gesamt-Phosphor und TOC sind jedoch vornehmlich unabhängig vom Abfluss. Das Maximum der TOC-Belastung (siehe Abbildung 3.1-8, linker Pfeil) trat gemeinsam mit hohen Gehalten der übrigen Nährstoffe bei relativ geringem Abfluss am 14. November auf und korreliert mit dem in Abbildung 3.1-7b als rote Linie dargestellten Ereignis. Der zweite Pfeil beschreibt eine Situation im Februar, bei der trotz großer Wassermenge die Konzentration an TOC (und auch Phosphor) leicht verdünnt wurde. Dies könnte sowohl durch Einträge von Regenwasser als auch durch unbelastete Nebenbäche bedingt sein.

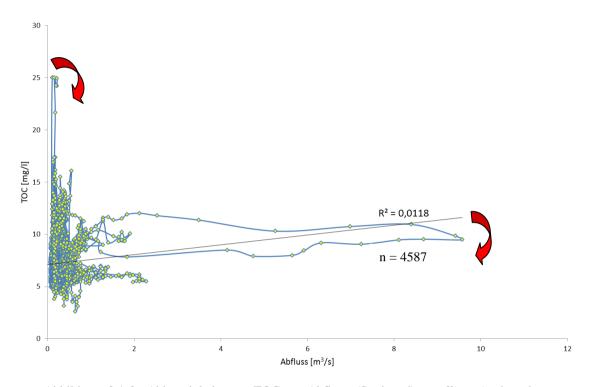


Abbildung 3.1-8: Abhängigkeit von TOC zu Abfluss (Station *Saarwellingen*) über den gesamten Messzeitraum

Betrachtet man die Nitrat-Werte über einen längeren Zeitraum, so wird ein ansteigender Trend in Phasen mit geringeren Abflüssen erkennbar (siehe Abbildung das). Die Konzentrationen werden durch Regen immer wieder stark, aber nur sehr kurzfristig verdünnt. Abbildung 3.1-8 zeigt den Verlauf der Nitrat-Konzentrationen über etwa 11 Wochen, die gestrichelte grüne Linie markiert den für Nitrat im Maßnahmenplan des Saarlandes [5] landesspezifisch festgelegten Orientierungswert von 2,5 mg/l NO3-Stickstoff (11 mg/l NO3) (vgl. Kapitel 3.4). Die Nitrat-Konzentrationen sanken während des gesamten Messzeitraumes nur selten, durch sehr starke Regenfälle bedingt, unter den Orientierungswert.

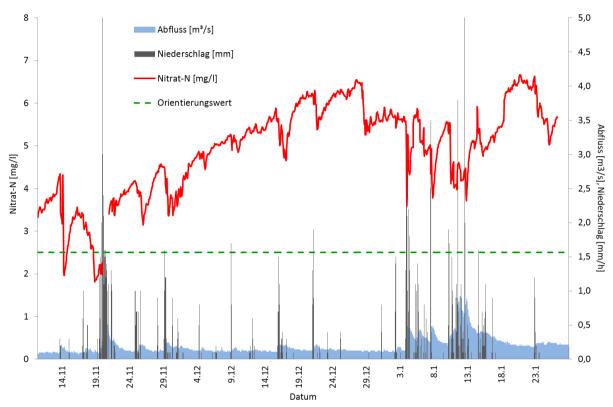


Abbildung 3.1-9: Konzentrationsverläufe von Nitrat (Station *Saarwellingen*) und Orientierungswert, Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (13. November 2015 bis 24. Januar 2016)

Bei höheren Abflüssen hingegen findet ein längerfristiger Konzentrationsrückgang von Nitrat statt. Dies ist ein Indikator dafür, dass ein Großteil der Nitrat-Belastungen aus dem Grundwasser stammt und somit über den Basisabfluss in den Fluss gelangt. Dieselbe Problematik zeigt sich, in verstärkter Form, im benachbarten Bommersbach (siehe Abbildung 3.1-10). Diese Grundbelastung rührt von früherer, aber auch aktueller landwirtschaftlicher Aktivität und dem damit einhergehenden Düngemitteleinsatz im Einzugsgebiet der beiden Gewässer her. Dieser hat sich in den letzten Jahren auf Grund des verstärkten Anbaus von Energiepflanzen in den Einzugsgebieten noch intensiviert. Das Grundwassers weist in diesem Bereich an vielen Messstellen einen steigenden Trend in den Nitrat-Konzentrationen auf, ebenso ergibt sich aus den Ergebnissen der manuellen Beprobungen des Ellbachs durch die Behörden während der letzten Jahre ein steigender Nitrat-Trend (vgl. Abbildung

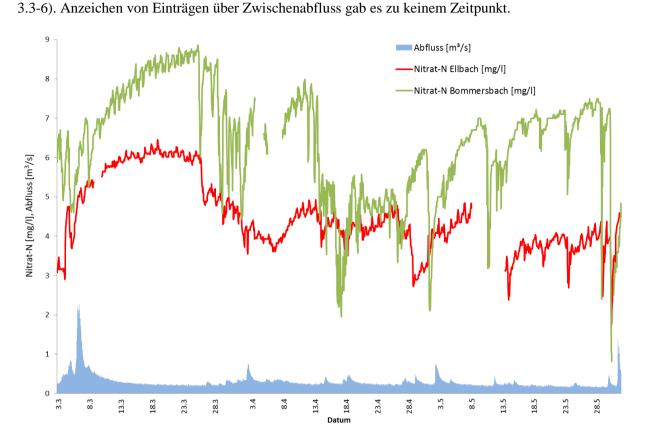


Abbildung 3.1-10: Vergleich der Konzentrationsverläufe von Nitrat im Ellbach (Station *Saarwellingen*) und im Bommersbach (Station *Bous*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (3. März bis 28. Mai 2016)

3.2 Chemisch-physikalische Messgrößen

Die in Kapitel 3.1 beschriebenen Einträge aus Mischwasserentlastungsbauwerken führen immer wieder zu starken Sauerstoff-Defiziten. In diesen Situationen werden hauptsächlich organische Stoffe in das Gewässer eingespült, die in der Folge unter Sauerstoff-Zehrung abgebaut werden. Im dargestellten Beispiel (siehe Abbildung 3.2-1) erstreckte sich diese Sauerstoff-Unterversorgung über zwei Tage.

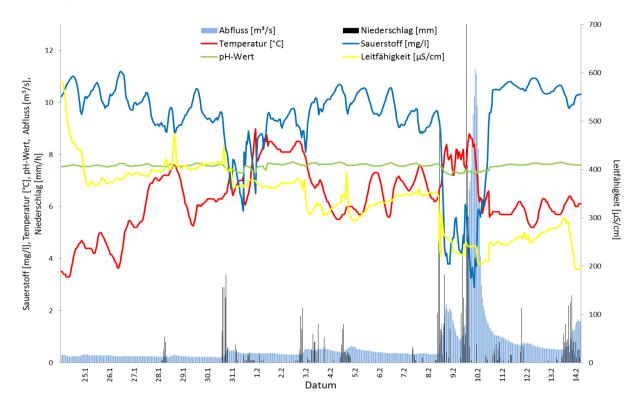


Abbildung 3.2-1: Abnahme der Sauerstoff-Gehalte und der Leitfähigkeit sowie Temperatur und pH-Wert (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (24. Januar bis 14. Februar 2016)

Insgesamt konnten während des Messzeitraumes etwa 12 solcher Ereignisse unterschiedlicher Ausprägung beobachtet werden. Dabei hielt die Sauerstoff-Unterversorgung jeweils zweimal über die Dauer von ungefähr 2 Tagen an.

Bemerkenswert ist auch, dass zu keinem Zeitpunkt die erfassten Sauerstoff-Gehalte über dem physikalischen Sättigungswert lagen⁶ (siehe Abbildung 3.2-2). Selbst im Frühjahr, wenn in anderen Gewässern tagsüber häufig eine Sauerstoff-Übersättigung durch die verstärkte Entwicklung von Algen und Grünpflanzen und die daraus erhöhte Photosynthese-Aktivität auftritt, konnte im Ellbach keine Sauerstoff-Übersättigung festgestellt werden.

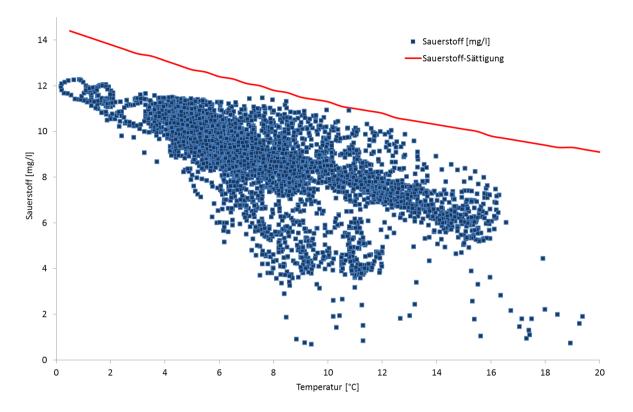


Abbildung 3.2-2: Sauerstoff-Gehalte in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Saarwellingen*) im Vergleich zur Sauerstoffsättigung bei Normaldruck über den gesamten Messzeitraum

⁶ Die im Messzeitraum an der Wetterstation in *Geislautern* gemessenen Luftdruck-Werte ergaben ein Minimum von 983 und Maximum von 1041 hPa [NN].

In Trockenphasen bilden sich die Sauerstoff-Tagesgänge sowie die dazu parallel auftretenden Schwankungen im pH-Wert ab, welche beide durch die photosynthetische Aktivität der Grünpflanzen und Algen bedingt werden (siehe Abbildung 3.2-3). Da wegen der sehr hohen Nährstoff-Belastungen im Ellbach die Entwicklung von Algen und Grünpflanzen begünstigt sein sollte, stellt sich die Frage, ob die ausbleibende Sauerstoff-Übersättigung des Wassers durch andere Einflüsse, wie z.B. Pestizide, das Pflanzenwachstum und somit die Sauerstoff-Produktion gestört wird oder aber ob ein Teil des gebildeten Sauerstoffes sofort wieder zum Abbau der organischen Belastung verbraucht wird.

Die Schwankungen der pH-Werte sind relativ groß, da die Pufferkapazität des Wassers nicht sehr hoch ist und es daher unter dem Einfluss von Photosynthese und Veratmung eher zu Verschiebungen des pH-Wertes kommt.

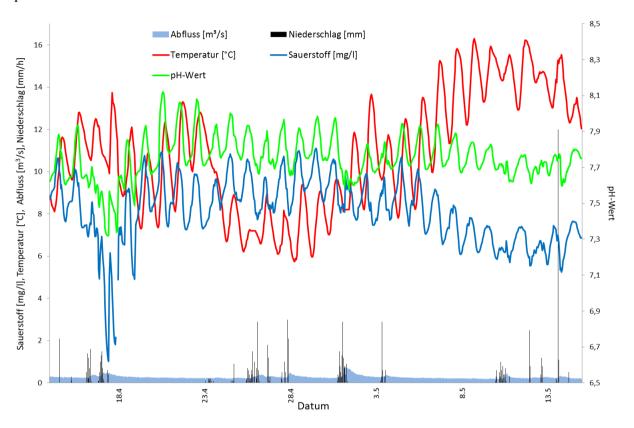


Abbildung 3.2-3: Tageszyklen von Sauerstoff, Temperatur und pH-Wert (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (18. April bis 15. Mai 2016)

Auch ein Vergleich mit den Ammonium- und TOC-Gehalten lässt vermuten, dass diese Belastungen zu einer Dämpfung des Sauerstoff-Gehaltes durch Zehrung bzw. Abbau-Aktivitäten führen (siehe Abbildung 3.2-4). Vor allem Einträge an TOC ziehen einen Rückgang der Sauerstoff-Gehalte nach sich, wobei auch die Intensität der Niederschläge und die Wassermenge einen negativen Einfluss auf den Sauerstoff-Haushalt ausüben.

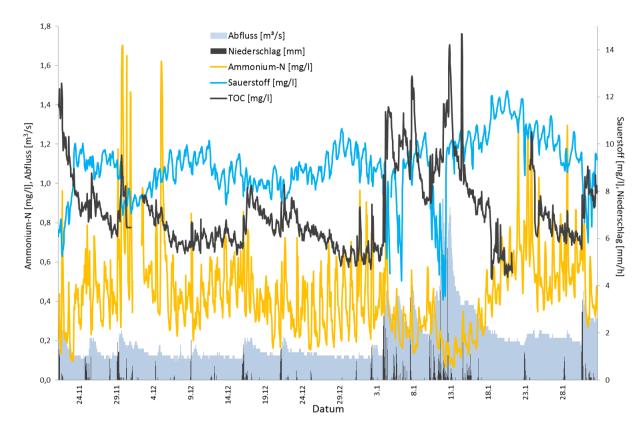


Abbildung 3.2-4: Sauerstoff-, Ammonium- und TOC-Gehalte (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (25. November 2015 bis 29. Januar 2016)

Grundsätzlich werden die Salzgehalte im Gewässer bei Regenwetter verdünnt, wodurch die Leitfähigkeit abnimmt. Während der Frostphase im Januar ließen sich Einträge von Streusalzen nachweisen (siehe Abbildung 3.2-5). Die bei Tauwetter in den Fluss eingetragenen Salze führten in innerhalb von zwei Tagen dreimal zu einer Erhöhung der Leitfähigkeit von 300 bis 400 μ S/cm auf 700 bzw. über 800 μ S/cm.

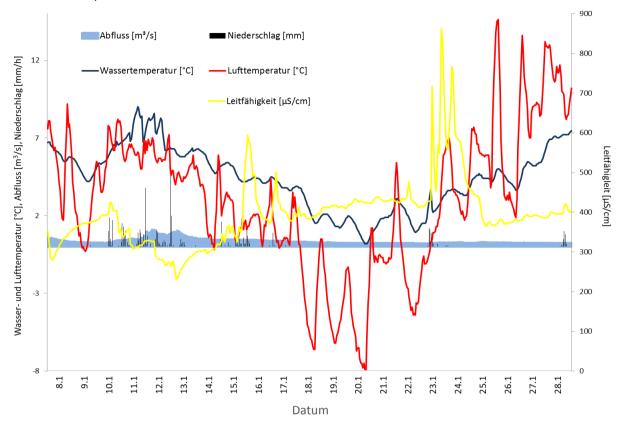


Abbildung 3.2-5: Abnahme der Leitfähigkeit bei Regen und Anstieg in Folge von Streusalz-Einträgen (Station *Saarwellingen*), Abfluss (Pegel *Roden angepasst*), Niederschlag (Station *Saarlouis*) (8. bis 28. Januar 2016)

3.3 Ergebnisse der manuellen Beprobungen durch die Behörde

Zur Abschätzung langjähriger Trends wurden die Ergebnisse der Stichproben, die durch das LUA am Ellbach in Saarlouis, Steinrausch (Messstelle 1930) entnommen wurden, herangezogen. Neben der Darstellung der Einzelwerte wurde der Trend gemäß der Vorschriften Oberflächengewässerverordnung Anlage 11 (OGewV [9]) ermittelt. Diese besagt, dass als Grundlage für die Feststellung, ob ein signifikanter Trend gegeben ist, jeweils das fünfzigste Perzentil der Messwerte eines Jahres (Jahres-Median) heranzuziehen ist. Diese Daten sind sodann auf Normalverteilung zu prüfen. Sind sie normalverteilt, kann der Trend mit Hilfe der linearen Regression bestimmt werden, ansonsten wird er anhand des Mann-Kendall-Trendtests ermittelt. Das Signifikanzniveau beträgt in beiden Fällen $\alpha = 0.05$.

Die Jahres-Mediane der vorliegenden Messwerte (Jahre 2005 bis 2014, keine Daten für 2007⁷) wurden zunächst mit dem Shapiro-Wilk-Test auf ihre Normalverteilung überprüft. Dabei stellte sich heraus, dass die Jahres-Mediane der Mehrheit der Messparameter eine Normalverteilung aufweisen (siehe Tabelle 6-5a und b im Anhang). Der anschließende Test der linearen Regression ergab lediglich für Arsen, Cobalt und TOC einen signifikanten fallenden Trend (siehe Abbildung 3.3-1).

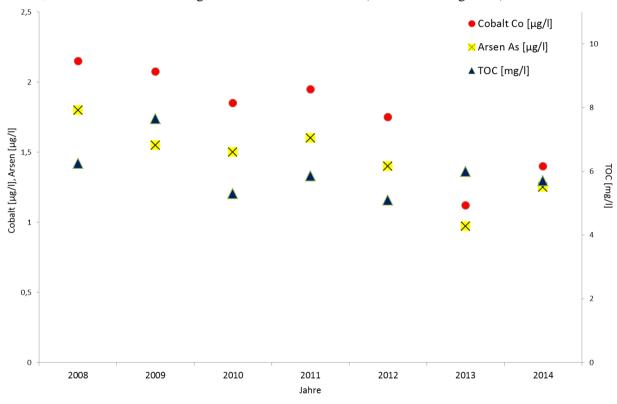


Abbildung 3.3-1: Jahres-Mediane von Cobalt, Arsen und TOC mit signifikant fallendem Trend (manuelle Beprobungen durch das LUA in *Steinrausch*, 2006 bis 2014)

⁷ Daraus ergibt sich n = 9 für die meisten Messgrößen, einige wenige Parameter wurden erst ab 2008 gemessen, sodass in diesen Fällen n = 7 zugrunde liegt.

Als nicht normalverteilt wurden die Parameter Barium, BSB₅, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber und Zink ermittelt. Die Mediane dieser Datensätze wurden mit dem Mann-Kendall-Test auf ihren Trend hin überprüft. Dabei ergab sich jeweils für Blei und Kupfer ein signifikanter fallender Trend (siehe Abbildung 3.3-2).

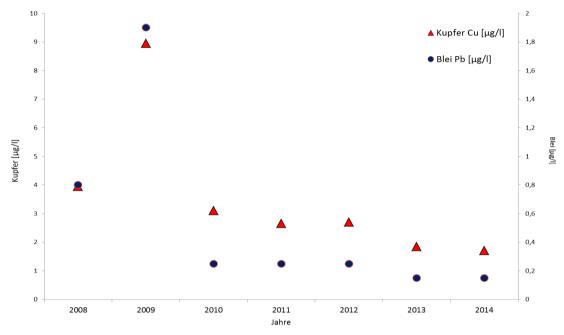


Abbildung 3.3-2: Jahres-Mediane von Kupfer und Bei mit signifikant fallendem Trend (manuelle Beprobungen durch das LUA in *Steinrausch*, 2006 bis 2014)

Die übrigen Messwerte weisen keinen signifikanten Trend auf. Auch in der Auftragung der monatlichen Messwerte über den besagten Zeitraum lassen sich bei Sauerstoff, Temperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit keine Besonderheiten erkennen (siehe Abbildung 3.3-3). Der Ausreißer bei der Leitfähigkeit im März 2013 könnte auf einen Eintrag an Streusalzen zurückzuführen sein (vgl. Abbildung 3.2-4).

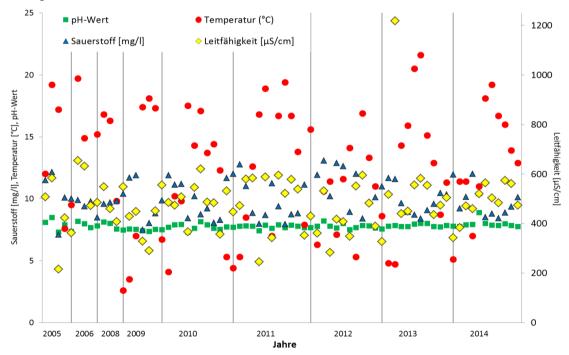


Abbildung 3.3-3: Einzelne Gehalte an Sauerstoff, Temperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit (manuelle Beprobungen durch das LUA in *Steinrausch*, 2005 bis 2014)

Im Gegensatz dazu erfolgte bei Nitrat (und damit auch bei Gesamt-Stickstoff) eine deutliche Abnahme der Konzentrationen im Jahr 2006⁸. Grund hierfür ist sicherlich die Sanierung der Kläranlage Saarwellingen im Jahre 2006. Generell zeigt sich, dass die Ammonium-Gehalte im Ellbach im Winter höher sind als im Sommer, was von der verminderten Abbauleistung von Ammonium in den Kläranlagen bei geringeren Temperaturen herrührt.

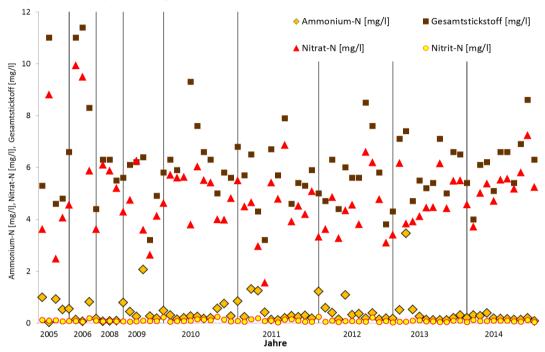


Abbildung 3.3-4: Einzelne Gehalte an Ammonium-N, Nitrat-N, Nitrit-N und Gesamt-Stickstoff (manuelle Beprobungen durch das LUA in *Steinrausch*, 2005 bis 2014)

Diese Veränderungen könnten auch für den signifikant fallenden Trend des TOC verantwortlich zeichnen (s.o.). Sie spiegeln sich jedoch nicht in den Gehalten von ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor im Gewässer wider.

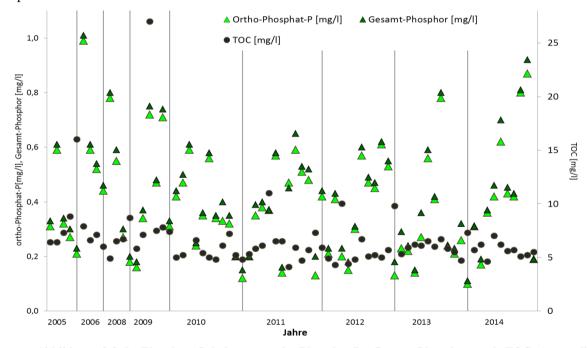


Abbildung 3.3-5: Einzelne Gehalte an ortho-Phosphat-P, Gesamt-Phosphor und TOC (manuelle Beprobungen durch das LUA in *Steinrausch*, 2005 bis 2014)

⁸ Dennoch ergibt sich daraus bei der Betrachtung der Mediane kein signifikanter Trend.

Wie bereits in Kapitel 3.1 beschrieben zeigt sich auch bei der Betrachtung der Einzelwerte der Nitrat-Konzentrationen im Vergleich mit den jeweiligen Abflusswerten, dass die Nitrat-Gehalte bei abnehmendem Abfluss ansteigen bzw. umgekehrt. Dies stützt wiederum die These, dass eine hohe Grundbelastung bereits im Basisabfluss zu verzeichnen ist.

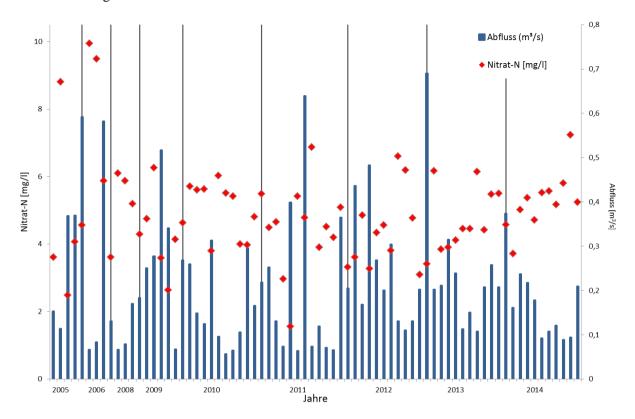


Abbildung 3.3-6: Einzelne Gehalte an Nitrat im Vergleich mit den Ablaufwerten am Pegel *Saarlouis-Roden* (manuelle Beprobungen durch das LUA in Steinrausch, 2005 bis 2014)

3.4 Tabellarische Übersicht

Während des Messzeitraumes lagen die Konzentrationen von ortho-Phosphat- und Gesamt-Phosphor immer über den Orientierungswerten von 0,07 bzw. 0,1 mg/l für den guten Zustand [3] (siehe Tabelle 3.5-1 sowie Abbildung 6-4a bis 6-4d im Anhang). Auch die TOC-Gehalte überschritten fast immer den Orientierungswert von 5 mg/l. Der für Ammonium-Stickstoff (0,3 mg/l NH₄-N) wurde nur in etwa 40% der Messungen eingehalten.

Für Nitrat ist im Maßnahmenplan des Saarlandes [8] ein landesspezifischer Orientierungswert von 2,5 mg/l NO₃-Stickstoff (11 mg/l NO₃) festgelegt, welcher am besagten Standort fast nie eingehalten werden konnte.

Obwohl die Messungen im Winter stattfanden, wurde der Orientierungswert für Sauerstoff (7 mg/l) in fast 17% der Messungen unterschritten. Die pH- und die Leitfähigkeitswerte lagen hingegen grundsätzlich innerhalb der geforderten Werte; Gleiches gilt zwar auch für die Temperatur, allerdings können diese Daten nicht für eine Bewertung herangezogen werden, da sie im Winterhalbjahr erhoben wurden.

Tabelle 3.4-1: Mittel, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte des Ellbaches in *Saarwellingen* vom 10. November 2015 bis 31. Mai 2016, Orientierungswerte für den guten chemischen Zustand (Gewässertyp 5.1) [3] und Grenzwert der Nitrat-Richtlinie sowie Anzahl der zugrunde liegenden Stundenmittelwerte bzw. Einzelmessungen (n)

	NO ₃ -N [mg/l]	NO ₂ -N [mg/l]	NH ₄ -N [mg/l]	TNb ⁹ [mg/l]	PO ₄ -P [mg/l]	P _{ges} [mg/l]	TOC ¹⁰ [mg/l]
Mittelwert	4,76	0,082	0,432	5,26	0,161	0,221	7,26
Minimum	1,72	0,007	0,001	1,81	0,068	0,119	2,62
Maximum	7,53	0,198	> 2	7,81	1,04	2,08	> 25
Orientierungswert		0,3	0,3	3	0,07	0,1	5
Nitrat-Richtlinie	11						
Anzahl Werte (n)	4002	24	4657	24	4790	4790	4587

	Sauerstoff [mg/l]*	pH- Wert*	Leitfähigkeit [µS/cm]	Temperatur [*C]*	Abfluss [m³/s] ¹¹
Mittelwert	8,66	7,61	378	7,82	0,301
Minimum	<1	6,95	134	0,183	0,068
Maximum	12,3	8,12	861	19,4	9,58
Orientierungswert	> 7	6,5 – 8,5	< 1000	< 20	
Anzahl Werte (n)	4808	4835	4834	4834	4880

^{*} Bei Sauerstoff ist der niedrigste, beim pH-Wert der niedrigste und der höchste und bei Wassertemperatur und Leitfähigkeit jeweils der höchste gemessene Wert als Maßstab zum Vergleich mit den Orientierungswerten heranzuziehen. Für die übrigen Parameter ist der Mittelwert entscheidend (fett gedruckt).

Alle Parameter außer Nitrit und TNb wurden online ermittelt (grau unterlegt). Nitrit und TNb wurden alle 7 bis 10 Tage im Labor bestimmt.

¹⁰ TOC: Total Organic Carbon, Gesamter organischer Kohlenstoff

-

⁹ TNb: Total Nitrogen bound, Gesamter gebundener Stickstoff

¹¹ Zugrunde liegen die für Saarwellingen berechneten Abflusswerte

Aus der unten stehenden Tabelle lassen sich die Frachten für die einzelnen Substanzen am Standort in *Saarwellingen* entnehmen (vgl. auch Abbildung 6-5a bis 6-5d im Anhang). Neben über 1,2 t Phosphor und 43 t organischem Kohlenstoff ergibt sich aus Nitrat und Ammonium rein rechnerisch eine Stickstofffracht von über 23 t für den Messzeitraum. Hinzu kommt – jedoch in deutlich geringeren Mengen – Stickstoff aus Nitrit und organischen Verbindungen.

Tabelle 3.5-2: Mittel,	Minima und	Maxima de	er Stundenmittelwerte	der Frachten	des Ellbaches in
Saarwellingen vom 10	. November 2	015 bis 31. N	Iai 2016 sowie die Ge	samtfracht im	Messzeitraum

Fracht	NO ₃ -N	NH ₄ -N	$\mathbf{P}_{\mathrm{ges}}$	davon PO ₄ -P	TOC	Abfluss [m ³ /s] ¹²
Mittelwert	4,42 kg/h	0,352 kg/h	0,235 kg/h	0,155 kg/h	8,84 kg/h	0,301
Minimum	0,531 kg/h	nn	0,051 kg/h	0,042 kg/h	1,35 kg/h	0,068
Maximum	31,4 kg/h	2,71 kg/h	8,54 kg/h	5,44 kg/h	365 kg/h	9,58
Fracht im Mess- zeitraum ¹³	21,6 t	1,72 t	1,15 t	0,757 t	43,2 t	

4. Zusammenfassung

Insgesamt konnte, obwohl der Messstandort oberhalb der Kläranlage *Saarwellingen* gewählt wurde, eine hohe Belastung durch Nährstoffe festgestellt werden.

Es konnten dabei keine nennenswerten Einträge von Phosphor und TOC aus landwirtschaftlicher Aktivität beobachtet werden. Hingegen stammen die hohen Nitrat-Gehalte vornehmlich aus dem Grundwasser, werden also über den Basisabfluss in das Gewässer eingetragen. Dies ist auf den Einsatz von landwirtschaftlichen Düngern, welcher in jüngerer Zeit im Zuge des Energiepflanzenanbaus wieder zugenommen hat, zurückzuführen.

Zudem konnten zahlreiche Abschläge aus Mischwasserentlastungsbauwerken beobachtet werden, welche sich negativ auf die Sauerstoff-Versorgung im Gewässer auswirken. Besonders zu betonen ist hierbei, dass zu keinem Zeitpunkt Sauerstoff-Gehalte über dem theoretischen Sättigungswert verzeichnet werden konnten.

Als besonders gravierend müssen jedoch die tagelang andauernden Belastungen aus nicht funktionierenden Mischwasserentlastungsbauwerken bzw. defekten Kanälen hervorgehoben werden. Diese werden vor allem in abflussärmeren Phasen deutlich, wenn sie nicht durch "reguläre" Abschläge aus Regenüberlaufbauwerken und/oder unbelastetes Regenwasser überlagert werden. Eine flächendeckende automatisierte Überwachung der Ausläufe dieser Bauwerke scheint dringend geboten.

Die Auswertung der manuellen Beprobung durch die Behörde am Standort in *Steinrausch* ergab für die Jahre 2005 bis 2014 einen abnehmenden Trend für TOC, Blei und Kupfer sowie eine positive Entwicklung der Nitrat- und daher auch der Gesamt-Stickstoff-Gehalte im Jahr 2009 auf Grund der Sanierung der Kläranlage *Saarwellingen*.

¹² Für die Frachtberechnungen wurden die für *Saarwellingen* angenommenen Abflusswerte verwendet.

¹³ Um Messausfälle auszugleichen, wurde der jeweilige Mittelwert aller Stundenmittelwerte der Frachten mit der Anzahl der gemessenen Stunden multipliziert.

5. Literatur

- [1] https://de.wikipedia.org/wiki/Ellbach_%28Saar%29
- [2] MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ in Zusammenarbeit mit dem LANDESAMT FÜR UMWELT- UND ARBEITSSCHUTZ: Entwurf des 2. Bewirtschaftungsplanes nach Artikel 13 der Richtlinie 200/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 für das Saarland; Saarbrücken, November 2014
- [3] MINISTERIUM FÜR UMWELT DES SAARLANDES: Maßnahmenprogramm nach Artikel 11 der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 22.12.2000) EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL): Betrachtungsraum Prims; Stand 31.12.2006
- [4] MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND VERKEHR DES SAARLANDES (MUEV) (HRSG.): Gewässertypenatlas des Saarlandes; Saarbrücken, 1998
- [5] BÜRO FÜR ÖKOLOGIE UND PLANUNG, DR. MAAS: Renaturierung Ellbach im Bereich "Breitwies" in Saarwellingen Landschaftspflegerischer Begleitplan Genehmigungsplanung; Saarlouis, 2012
- [6] Flächennutzungsplan der Gemeinde Saarwellingen, April 2006 (www.saarwellingen.de)
- [7] http://www.evs.de/
- [8] MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ IN ZUSAMMENARBEIT MIT DEM LANDESAMT FÜR UMWELT- UND ARBEITSSCHUTZ: Entwurf des Maßnahmenprogramm Saarland nach Artikel 11 der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 22.12.2000) EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) Betrachtungsräume: I Saar, II Blies, III Mittlere Saar, IV Bist-Rossel, V Prims, VI Nied, VII Untere Saar, VIII Mosel, IX Leuk, X Nahe, XI Glan, XII Schwarzbach; Stand Dezember 2014
- [9] VERORDNUNG ZUM SCHUTZ DER OBERFLÄCHENGEWÄSSER (Oberflächengewässerverordnung OGewV), vom 20.07.2011

6. Anhang

Tabelle 6-1: Messparameter, Messbereiche und -methoden in den Messstationen

Parameter	Messbereich	Messprinzip
Sauerstoff gelöst (O ₂)	0 – 20 mg/l	optisch (Lumineszenz) bei 25°C Bezugstemperatur
pH-Wert	2 – 14	Elektrochemisch bei 25°C Bezugstemperatur
Wassertemperatur	0 − 50 °C	
Leitfähigkeit	$0-4000 \ \mu\text{S/cm}$	elektrochemisch/konduktometrisch bei 25°C Bezugstemperatur
Trübung	0 – 100 FNU	nephelometrisch
Nitrat (NO ₃ bzw. NO _x -N)	0,1 – 100 mg/l	direkte Absorption (UV-Bereich)
Ammonium (NH ₄ -N)	0.02 - 2 mg/l	photometrisch
Gesamt-Phosphor (P _{ges}) und	0,02 – 5 mg/l	photometrisch
ortho-Phosphat (PO ₄ -P)	0,02 – 5 mg/l	photometrisch
Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC)	0,1 – 100 mg/l	Austreibmethode



Abbildung 6-1: Standort der Messstation auf dem Gelände der EVS Pumpstation in Saarwellingen

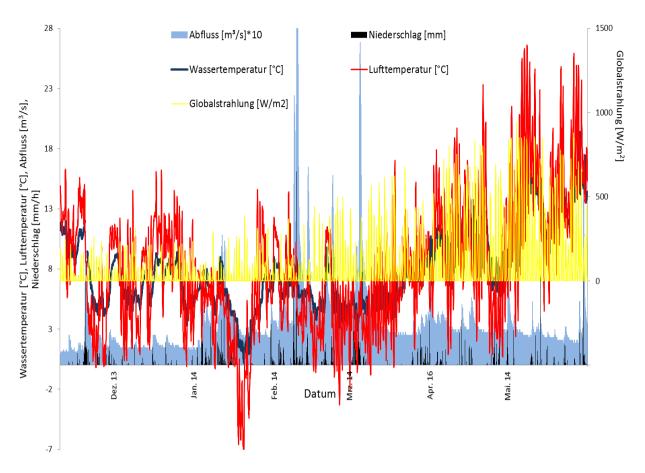


Abbildung 6-2: Wassertemperatur (Messstation Saarwellingen), Abfluss (Pegel Saarlouis-Roden) sowie Niederschläge, Lufttemperatur und Globalstrahlung (Wetterstation Saarwellingen) über den gesamten Messzeitraum

Tabelle 6-2: Mittelwerte, Minima und Maxima der monatlichen Beprobungen des LUA in Saarlouis-Steinrausch von 2005 bis 2014

	NO ₃ -N [mg/l]	NO ₂ -N [mg/l]	NH ₄ -N [mg/l]	TNb [mg/l]	PO ₄ -P [mg/l]	P _{ges} [mg/l]	TOC [mg/l]
Mittelwert	4,91	0,091	0,417	6,11	0,396	0,421	6,58
Minimum	1,56	0,024	0,026	3,20	0,100	0,110	4,11
Maximum	9,94	0,241	3,455	11,4	0,990	1,01	27

	Sauerstoff [mg/l]	pH- Wert	Leitfähigkeit [µS/cm]	Temperatur [°C]	Abfluss [m³/s]
Mittelwert	9,99	7,78	482	12,3	0,216
Minimum	7,12	7,29	216	2,6	0,056
Maximum	13,08	8,89	1218	21,6	0,689

Datenblatt Umweltziele / Bewirtschaftungsziele Stand 31.12.2006 Gewässer Ellbach Uberwachungsart Überwachungsstelle SLS-Steinrausch, Mdg operativ Überblick OWK-Nr: III-9 ja nein 5.1 Gewässertyp 1930 MSt.Nr. Abfluss MQ m3/s 0.339 Prioritäre und prioritär Umwelt-Problem 2 Einheit Istzustand gefährliche Stoffe qualitätsnorm 20 Nickel µg/l MW 7.2^{1} Blei µg/I MW 0.3 Isoproturon µg/l MW Benzo(a)pyren μg/l MW 0,05 0,025 Benzo(k)fluoranthen µg/l MW JmsVO Physikalisch - chemische AWA Problem 2 Einheit Orientierungswert Istzustand Parameter 0.506 mg/I MW 0.4 Ammonium AKON Orthophosphat als Phosphor mg/I MW 0.07 AKON Phosphor gesamt ma/I MW 0.1 0,328 Nitrit 4 0,3 (0,03) mg/I MW Nitrat mg/I MW 11 (50 ⁵) 33 Gesamtstickstoff mg/I MW 9,33 3 Leitfähigkeit < 1000 654 µS/cm Max 200 Chlorid mg/I MW 47.5 BSB 5 mg/l MW 4 7,75 AKON 5 (7 ⁶) TOC mg/l MW 9,4 AKON 02 mg/l Min 7 9,4 AKON °C Max 19,7 20,0 Temperatur AKON Min-Max 7,37-8,17 pH-Wert 6,5 - 8,5RAKON Biologische Parameter Umweltziel Istzustand Bemerkung SA-MR Fischzonierung FFH Vorkommen von Groppe / gemeine nein/nein/nein ja/nein/nein Flussmuschel / Bachneunauge 2007 Fische Ш Ш Ш Makrozoobenthos Ex. Phytoplankton -Hydromorphologische Parameter Umweltziel Bemerkung Istzustand GEF Durchgängigkeit relevante Richtlinien Umweltziel Istzustand Problem Kommunalabwasserrichtlinie eingehalten eingehalten VU-Richtlinie eingehalten eingehalten ohne Hintergrundbelastung wird anhand eines "x" markiert, falls die Umweltqualitätsnorm oder der Orientierungswert noch nicht eindeutig festgelegt

Abbildung 6-3a: Datenblatt Umweltziele / Bewirtschaftungsziele für den Ellbach 2006 (Quelle: [3])

[&]quot; wird anhand eines "x" markiert, falls die Umweltqualitätsnorm oder der Orientierungswert noch nicht eindeutig festgelegt ist. In diesem Fall kann der Parameter noch nicht bewertet werden

³ gibt an, ob die Stubstanz von der LAWA bzw. der Saarländischen Umsetzungsverordnung gefordert ist

⁴ Nitrit laut Fischgewässerrichtlinie gefordert (0,03 mg/l)

⁶ Orientierungswert laut Nitratrichtlinie

Orientierungswert f
ür LAWA Fließgewässertypen 9, 9.1 und 9.2

Betrachtungsraumbezogene Festlegung nach Expertenrunde

Durchgängigkeit gestört: hohe Wanderbarrierendichte - "schlechte" Rahmenbedingungen

Gewässergüte-Saprobiensystem

¹⁰ Daten 2007 erhoben

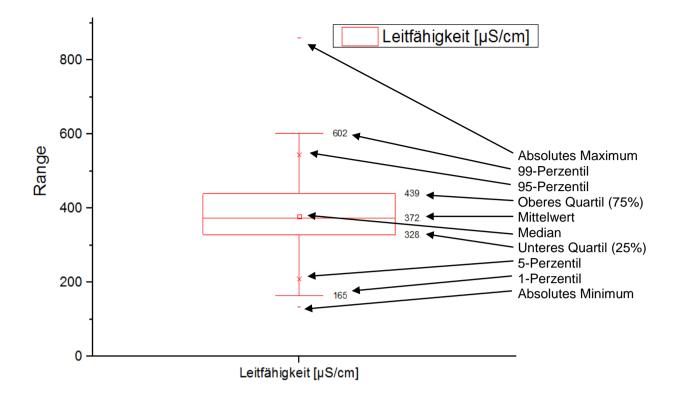
Datenblatt Um	weltziel	e / Bewirtsc	haftungs	ziele	2012
		Allgem	neine Angal	oen	
Gewässer	Ellbach				
Überwachungsstelle		ausch, B 51, Mdg	ı.		
MSt.Nr.	1930		<i>-</i>		
DWK-Nr:	III-9				
		Dotonzial Ilmy	valtzial : nu	ter ökologischer	Zustand / Potenzial
Biologische Paramet		Umwelt		lst-	Anmerkung
				Zustand	
/orkommen von:					
Fische		II		4	
Makrozoobenthos		II		5	
Phytobenthos		II		4	
Makrophythen	II		0		
Phytoplankton	II		0		
Zooplankton		II.		0	
		Unterstützende	Qualitätsko		
Hydromorphologische Pa	rameter	Umweltziel		Ist- Zustand	Anmerkung
GEF ⁸		II		III	
Durchgängigkeit ⁹		Wiederherstellung der DG gemäß § 34 WHG		III	
Physikalisch - chemische			-		
Parameter	Einheit	Orientierung	gawert	Istzustand	Anmerkung
Ammonium ¹¹	mg/l	MW	0,4	0,59	
Vitrat 11	mg/l	MW	11	19,49	
Vitrit 11, 12	mg/l	MW	0,3	0,31	
Gesamtstickstoff 11	mg/l	MW	3	5,75	
Orthophosphat als Phosphor 11	mg/l	MW	0,07	0,39	
Phosphor gesamt 11	mg/l	MW	0,1	0,41	
SSB s 11	mg/l	MW	4	1,64	
FOC 11, 13	mg/l	MW	7	5.64	
D ₂		Min	>7	8,39	
	mg/l		-		
H-Wert	°C	Min - Max	6,5 - 8,5	7,49 - 8,22	
Temperatur Leitfähigkeit	μS/cm	Max Max	< 20 < 1000	16,90 595	
Chlorid 14		MW	200	34,87	
ernend.	mg/l	INIAA	200	34,07	
Spezifische Schadstoffe					Anmerkung
Cyanid 15	[mg/l]	MW	0,01		
PCB ¹⁰	[mg/l]	INIVV	0,01	 	
00		haltung von gr	undlaganda	n Maßnahmen	
relevante Richtlinie		Umwelt			Anmerkung
Kommunalabwasserrichtlinie		eingehal		Istzustand eingehalten	Animerkung
IVU-Richtlinie		eingehalten		eingehalten	
Nitratrichtlinie					

Abbildung 6-3b: Datenblatt Umweltziele / Bewirtschaftungsziele (S. 2) für den Ellbach 2012 (Quelle: [2])

Tabelle 6-5a und b: Grundlagendaten (a) und Ergebnisse (b, siehe nächste Seite) des Tests auf Normalverteilung der Mediane verschiedener Parameter (LUA 2005 -2014) (*Steinrausch*)

	est auf Normalverteilung					
	Hinweise <u>▼</u>					
+	Eingabedaten <u>▼</u>					
早	Deskriptive Statistik 🖃					
		N-Analyse	N fehlend	Mittelwert	Standardabweichung	SE des Mittelwerts
	Aluminium Al [µg/l]	7	3	20,16	5,60832	2,1197
	Ammonium-N [mg/l]	9	1	0,30944	0,17964	0,0598
	Arsen As [µg/l]	7	3	1,43857	0,26755	0,1011
	Barium Ba [mg/l]	7	3	0,07929	0,0045	0,001
	BSB5_Ges [mg/l]	9	1	2,52778	1,88996	0,6299
	Blei Pb [µg/l]	7	3	0,53571	0,64208	0,2426
	Bor B [µg/l]	7	3	69,83286	12,14639	4,590
	Cadmium Cd [µg/l]	7	3	0,05357	0,02249	0,008
	Calcium Ca Kalzium [mg/l]	9	1	39,31278	2,83884	0,94628
	Chlorid-Ion CI1- [mg/l]	9	1	41,91944	4,09175	1,36392
	Chrom Cr [µg/l]	7	3	1,21571	0,4456	0,16842
	Cobalt Co [µg/l]	7	3	0,31786	0,13127	0,04962
	DOC [mg/l]	8	2	5,4625	0,58478	0,2067
	Eisen Fe [mg/l]	7	3	0,21721	0,27846	0,1052
	Gesamtstickstoff [mg/l]	9	1	6,17222	1,34817	0,4493
	Kalium K [mg/l]	9	1	8,10111	1,12286	0,37429
	Kupfer Cu [µg/l]	7	3	3,55714	2,49547	0,9432
┞┖	Leitfähigkeit [µS/cm]	9	1	483,33333	42,058	14,01933
	Magnesium Mg [mg/l]	9	1	16,43556	1,7495	0,5831
	Mangan Mn [mg/l]	7	3	0,06379	0,01682	0,0063
	Natrium Na [mg/l]	9	1	24,64389	3,48113	1,1603
	Nickel Ni [µg/l]	7	3	3,98429	0,55539	0,2099
	Nitrat-N [mg/l]	9	1	5,033	1,14951	0,3831
	Nitrit-N [mg/l]	9	1	0,08334	0,01395	0,0046
	Ortho-Phosphat-P [mg/l]	9	1	0,39611	0,09407	0,0313
	Gesamt-Phosphor [mg/l]	9	1	0,41944	0,08939	0,029
	pH-Wert	9	1	7,78889	0,14073	0,0469
	Quecksilber Hg [µg/l]	7	3	0,73571	1,20524	0,4555
	Sauerstoff [mg/l]	9	1	9,79	0,48965	0,1632
	Säurekapazität bei pH 4,3	9	1	1,95056	0,1265	0,0421
	[mmol/l]					
	Silicium [mg/l]	9	1	4,06944	0,54741	0,1824
	Sulfat [mg/l]	9	1	60,76111	10,85492	3,6183
	TOC [mg/l]	9	1	6,24444	0,91051	0,303
	Uran U [µg/l]	5	5	0,392	0,09039	0,0404
	Wassertemperatur [°C]	9	1	13,04444	1,34987	0,4499
	Zink Zn [mg/l]	7	3	0,01871	0,00664	0,0025

	t auf Normalverteilung inweise				
	ingabedaten 🔻				
	eskriptive Statistik 🔻				
$P_{\underline{T}\epsilon}$	est auf Normalverte				
N .	Shapiro-Wilk ▼				
		DF	Statistik	p-Wert	Entscheidung bei Niveau(5%)
	Aluminium Al [μg/l]	7	0,94231	0,65962	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Ammonium-N [mg/l]	9	0,85349	0,0814	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Arsen As [µg/l]	7	0,96687	0,87504	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Barium Ba [mg/l]	7	0,71942	0,00602	Normalverteilung zurückweisen
	BSB5_Ges [mg/l]	9	0,71816	0,00231	Normalverteilung zurückweisen
	Blei Pb [µg/l]	7	0,67004	0,00173	Normalverteilung zurückweisen
	Bor B [µg/l]	7	0,93806	0,62134	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Cadmium Cd [µg/l]	7	0,77241	0,02162	Normalverteilung zurückweisen
	Calcium Ca Kalzium [mg/l]	9	0,93143	0,4951	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Chlorid-Ion Cl1- [mg/l]	9	0,95085	0,69935	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Chrom Cr [µg/l]	7	0,7776	0,02442	Normalverteilung zurückweisen
		7	0,83753	0,09421	Normalverteilung kann nicht zur
	Cobalt Co [μg/l]			,	ückgewiesen werden.
	DOC [mg/l]	8	0,94557	0,66656	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Eisen Fe [mg/l]	7	0,66353	0,00146	Normalverteilung zurückweisen
	Gesamtstickstoff [mg/l]	9	0,641	2,89548E-4	Normalverteilung zurückweisen
	Kalium K [mg/l]	9	0,96335	0,83264	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
\prod	Kupfer Cu [μg/l]	7	0,72763	0,00737	Normalverteilung zurückweisen
	Leitfähigkeit [μS/cm]	9	0,98327	0,97897	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
14	Magnesium Mg [mg/l]	9	0,8984	0,24288	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Mangan Mn [mg/l]	7	0,96678	0,87433	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Natrium Na [mg/l]	9	0,97164	0,90839	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Nickel Ni [µg/l]	7	0,97031	0,90066	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Nitrat-N [mg/l]	9	0,83932	0,05675	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Nitrit-N [mg/l]	9	0,95163	0,70799	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Ortho-Phosphat-P [mg/l]	9	0,98407	0,98189	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Gesamt-Phosphor [mg/l]	9	0,96656	0,86382	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	pH-Wert	9	0,94586	0,64476	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Quecksilber Hg [μg/l]	7	0,6004	2,75179E-4	Normalverteilung zurückweisen
	Sauerstoff [mg/l]	9	0,92886	0,47053	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Säurekapazität bei pH 4,3 [mmol/l]	9	0,92635	0,44736	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Silicium [mg/l]	9	0,95162	0,70787	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
	Sulfat [mg/l]	9	0,87979	0,15622	Normalverteilung kann nicht zur ückgewiesen werden.
		9	0,92769	0,45965	Normalverteilung kann nicht zur
	TOC [mg/l]	"	-,		ückgewiesen werden.
	Uran U [µg/l]	5	0,8566	0,21628	ückgewiesen werden. Normalverteilung kann nicht zur
-				0,21628 0,22032 0,00952	ückgewiesen werden. Normalverteilung kann nicht zur Normalverteilung kann nicht zur



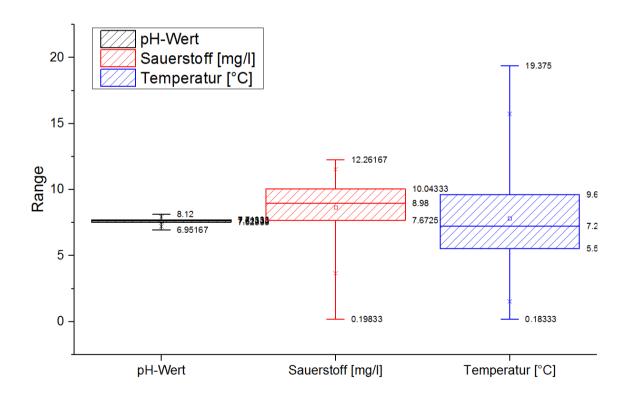
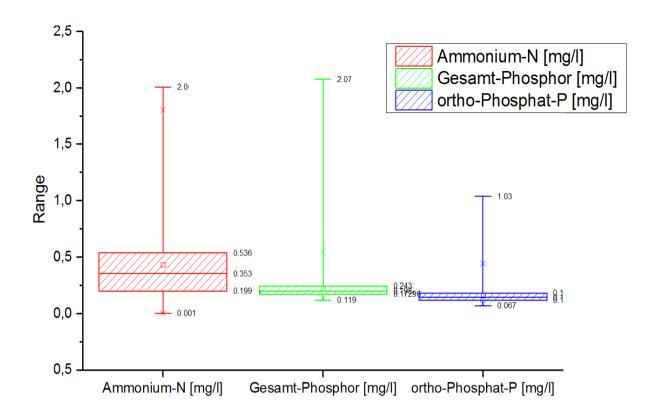


Abbildung 6-4a und 4b: Verteilung der Messwerte der online erhobenen Parameter Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoff und Temperatur im Messzeitraum



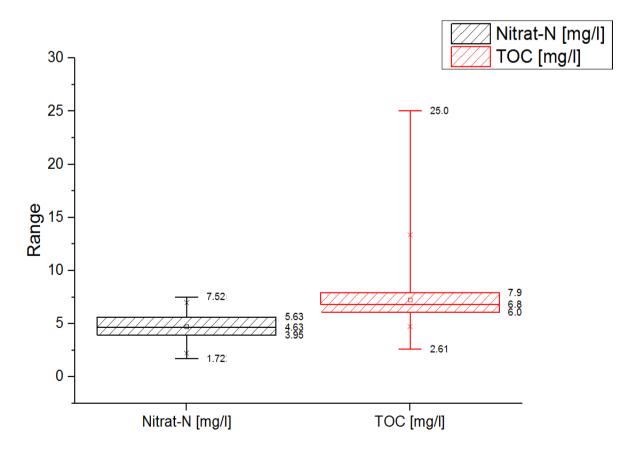
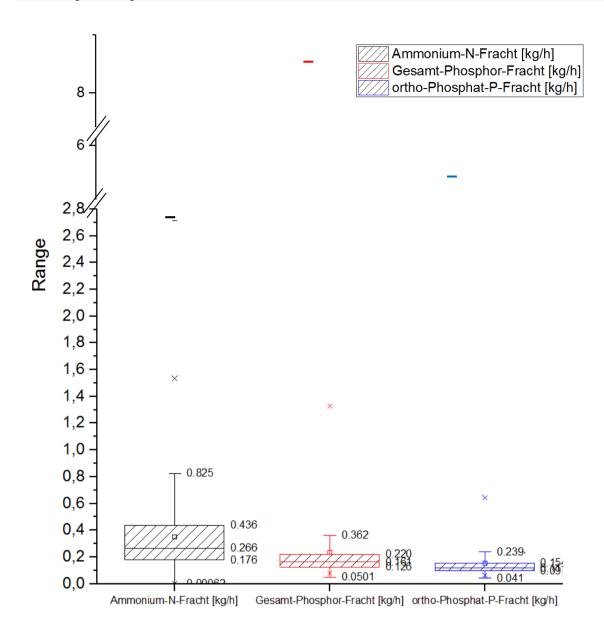


Abbildung 6-4c und 4d: Verteilung der Messwerte der online erhobenen Parameter Ammonium-N, Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat-P, Nitrat-N und TOC im Messzeitraum



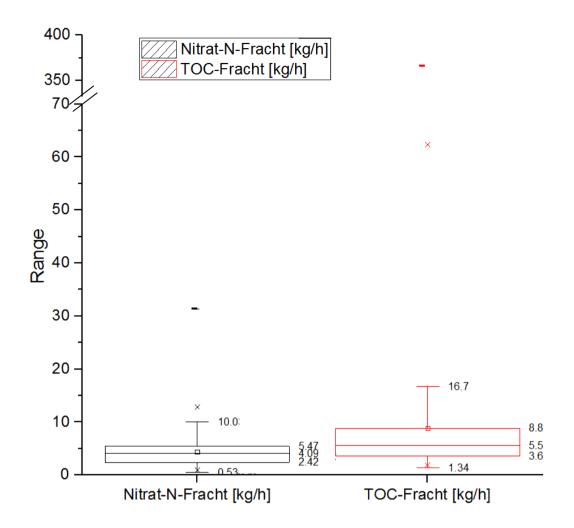


Abbildung 6-5a und 5b: Verteilung der ermittelten Frachten der online erhobenen Parameter Ammonium-N, Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat-P, Nitrat-N und TOC im Messzeitraum