



**Überwachung von Fließgewässern im Saarland
in einem online-Monitoring Programm**

Abschlussbericht
Theel – III - Alsbach

Messungen vom April 2018 bis Oktober 2019

**Dipl.-Geogr. Angelika Meyer, Dipl.-Ing. (FH) Elisabeth Fünfroeken,
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.:+49 681 302 4230

www.gewässer-monitoring.de

**Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz,
Referat E / 2 Wasser und Abwasser**

INHALTSVERZEICHNIS

<u>1. Einleitung</u>	<u>1</u>
<u>2. Grundlagen und Methoden.....</u>	<u>3</u>
2.1 Technische Grundlagen.....	3
2.2 Untersuchungsraum und Standorte.....	4
2.3 Methoden für die Bewertung und den Vergleich der Ergebnisse.....	10
2.3.1 Vergleich mit den Anforderungen gemäß OGeWV	10
2.3.2 Quantifizierung der Frachten und Kategorisierung der Herkunft der Belastungen.....	11
2.3.3 Auswahl der Messzeiträume zum Vergleich der Standorte untereinander und der unterschiedlichen Messkampagnen.....	12
2.3.4 Vergleich der Messzeiträume mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse (PCA).....	14
2.3.5 Ermittlung langfristiger Trends auf Grundlage der Messdaten der Überwachungsbehörde	15
<u>3 Ergebnisse der aktuellen Messungen.....</u>	<u>16</u>
3.1 Alsbach in Marpingen	16
3.1.1 Nährstoffe.....	16
3.1.2 Chemisch-physikalische Messgrößen und Trübung.....	23
3.1.3 Vergleich mit den Anforderungen gemäß OGeWV	29
3.1.4 Frachten.....	30
3.2 Ill in Eppelborn.....	34
3.2.1 Nährstoffe.....	34
3.2.2 Chemisch-physikalische Messgrößen und Trübung.....	40
3.2.3 Vergleich mit den Anforderungen gemäß OGeWV	43
3.2.4 Frachten.....	45
3.3 Theel an der Knorscheider Mühle	48
3.3.1 Nährstoffe.....	48
3.3.2 Chemisch-physikalische Messgrößen	55
3.3.3 Vergleich mit den Anforderungen gemäß OGeWV	58
3.3.4 Frachten.....	59
3.4 Vergleich der Ergebnisse von Theel, Ill und Alsbach 2018/2019.....	62
3.5 Ergebnisse der manuellen Beprobung entlang von Theel und Ill 2018/2019.....	67
3.6 Fazit Theel, Ill und Alsbach 2018/2019	71

<u>4. Vergleich der aktuellen Ergebnisse mit den Daten aus vorangegangenen Messkampagnen</u>	<u>72</u>
4.1 Ill in Eppelborn.....	72
4.1.1 Auswahl der zu vergleichenden Zeiträume 2010/2011 und 2018/2019	72
4.1.2 Vergleich der Konzentrationen.....	75
4.1.3 Vergleich der Frachten	88
4.1.4 Vergleich mit den durch die Behörde erhobenen Messwerten und Trendbetrachtung.....	91
4.1.5 Fazit Ill	95
4.2 Theel an der Knorscheider Mühle	96
4.2.1 Auswahl der zu vergleichenden Zeiträume 2006/2007, 2010/2011 und 2018/2019	96
4.2.2 Vergleich der Konzentrationen.....	100
4.2.3 Vergleich der Frachten	114
4.2.4 Vergleich mit den durch die Behörde erhobenen Messwerten in Oberflächen- und Grundwasser sowie Trendbetrachtung der Daten.....	117
4.2.5 Fazit Theel.....	122
<u>5. Vergleich der Ergebnisse von Theel, Ill und Alsbach 2018/2019 mit denen anderer Studien.....</u>	<u>124</u>
<u>6. Zusammenfassung und Ausblick.....</u>	<u>129</u>
<u>7. Literatur.....</u>	<u>131</u>
<u>8. Anhang.....</u>	<u>132</u>

VERZEICHNIS DER ABB. UND TABELLEN

Abb. 1-1: Standorte der Messstationen (Quelle: MUV)

Abb. 2.1-1: Schematische Darstellung einer mobilen Messstation

Abb. 2.2-1: Einzugsgebiet von Ill und Theel mit Messpunkten, Pegeln und Direkteinleitern (Quelle: MUV)

Abb. 2.2-2 a und b: Standort der Messstation Alsbach in *Marpingen* (Quelle: Zora)

Abb. 2.2-3 a und b: Standort der Messstation (2) und Pegel des LUA (blauer Punkt) an der Ill in *Eppelborn* (Quelle: Zora)

Abb. 2.2-4 a und b: Standort der Messstation der Theel an der *Knorscheider Mühle* (3) und Pegel des LUA in *Lebach* (blauer Punkt) (Quelle: Zora)

Abb. 3.1.1-1: Konzentrationen von Ammonium, Nitrat, TOC, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat sowie Abfluss bei Trockenwetter (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) im Frühjahr (14. Bis 26. April 2018)

Abb. 3.1.1-2: Konzentrationen von Ammonium, Nitrat, TOC, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat sowie Wasserstand bei Trockenwetter (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) im Sommer (13. bis 22. September 2018)

Abb. 3.1.1-3: Konzentrationsanstiege von Ammonium, Nitrat, TOC, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat durch Einträge nach Regenwetter sowie Abfluss (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) (12. bis 25. Mai 2018)

Abb. 3.1.1-4: Anstieg der Trübung sowie der Konzentrationen von Partikel gebundenem Phosphor und TOC durch Oberflächenabfluss und von Nitrat über Zwischenabfluss, Abfluss (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) (30. Mai bis 4. Juni 2018)

Abb. 3.1.1-5: Abnehmender Grundgehalt an Nitrat sowie Abfluss (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) (4. April bis 30. Oktober 2018)

Abb. 3.1.1-6: Nitrat-Konzentrationen und Abfluss (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) sowie Nitrat-Werte der Kontrollmessungen (23. September 2018 bis 18. März 2019)

Abb. 3.1.1-7: Konzentrationen von Ammonium, TOC, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat sowie Abfluss (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) (30. Mai bis 7. Juni 2018)

Abb. 3.1.1-8: Gehalte von Ammoniak in Abhängigkeit von Ammonium, pH-Wert und Temperatur (Station *Marpingen*) (Wetterstation *Sotzweiler*) (22. Mai bis 11. Juni 2018)

Abb. 3.1.2-1: Verlauf der Temperaturen und der Sauerstoffkonzentrationen und Anforderung für Sauerstoff gemäß OGeWV sowie Abfluss (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) während des gesamten Messzeitraumes

Abb. 3.1.2-2: Verlauf der Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Marpingen*) sowie theoretische Sauerstoff-Sättigung bei Normaldruck (20., 21. und 22. August 2018)

Abb. 3.1.2-3: Konzentrationsverläufe von Sauerstoff bei Eintrag von Ammonium und TOC sowie Wasserstand (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) (12. bis 28. Juli 2018)

Abb. 3.1.2-4: Verlauf der pH-Werte in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Marpingen*) (20., 21., 22. und 23. August 2018)

Abb. 3.1.2-5: Verlauf der pH-Werte sowie Wasserstand (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) (1. April bis 5. Juni und 11. Juli bis 8. September 2018)

Abb. 3.1.2-6: Tagesschwankungen der Gehalte an TOC und TIC sowie der Trübung und des Wasserstandes bei Trockenwetter (Station *Marpingen*) (16. bis 27. April 2018)

Abb. 3.1.2-7: Verlauf von Leitfähigkeit und Temperaturen sowie Abfluss (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.1.2-8: Verlauf von Leitfähigkeit, Temperaturen und Abfluss (Station *Marpingen*) sowie Niederschlag und Lufttemperatur (Wetterstation *Sotzweiler*) (29. Januar bis 3. Februar 2019)

Abb. 3.1.4-1: Verlauf der Frachten von Ammonium, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat (Station *Marpingen*) über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.1.4-2: Verlauf der Frachten von Nitrat und TOC (Station *Marpingen*) über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.1.4-3: Prozentualer Anteil der Grundfrachten und Frachten bei Regen an der Gesamtfracht und in absoluten Mengen in Tonnen als Zahlenangaben auf den Balken (Station *Marpingen*) über den gesamten Messzeitraum (5. April 2018 bis 19. März 2019)

Abb. 3.2.1-1: Anstieg der Konzentrationen von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat, Gehalte von Ammonium und TOC (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) und Niederschlag (Wetterstation *Wustweiler*) (20. bis 31. Juli 2018)

Abb. 3.2.1-2: Konzentrationen von Ammonium (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) und Lufttemperatur (Wetterstation *Wustweiler*) über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.2.1-3: Konzentrationsanstiege von Ammonium, TOC, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat durch Einträge aus verschiedenen Mischwasserentlastungsbauwerken (Station *Eppelborn*) sowie Wasserstand (Pegel *Eppelborn*) und Niederschlag (Wetterstation *Wustweiler*) (22. bis 25. September 2018)

Abb. 3.2.1-4: Gehalte von Ammoniak in Abhängigkeit von Ammonium, pH-Wert und Temperatur über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.2.1-5: Anstieg der Konzentrationen von Gesamt-Phosphor und TOC durch Oberflächeneinträge (Station Eppelborn), (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) und Niederschlag (Wetterstation *Wustweiler*) (9. bis 13. Februar 2019)

Abb. 3.2.1-6: Verlauf der Konzentrationen von Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat und Ammonium (Station *Eppelborn*) über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.2.1-7: Korrelation von ortho-Phosphat zu Gesamt-Phosphor über den gesamten Messzeitraum (Station *Eppelborn*)

Abb. 3.2.1-8: Einträge von Nitrat über Zwischenabfluss, (Station *Eppelborn*) sowie Wasserstand (Pegel *Eppelborn*) und Niederschlag (Wetterstation *Wustweiler*) (4. bis 31. Oktober. 2019)

Abb. 3.2.2-1: Sauerstoff-Defizit durch Einleitungen von Ammonium und TOC bei Regen (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) und Niederschlag (Wetterstation *Wustweiler*) (9. bis 15. November 2018)

Abb. 3.2.2-2: Verlauf der Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Eppelborn*) über den gesamten Messzeitraum (Daten vom 20. Februar bis 11. Mai: rot markiert) sowie theoretische Sauerstoff-Sättigung bei Normaldruck

Abb. 3.2.2-3: Verlauf der Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Eppelborn*) sowie theoretische Sauerstoff-Sättigung bei Normaldruck (17. bis 20. April 2019)

Abb. 3.2.2-4: Verläufe der Temperatur, der Sauerstoffkonzentrationen, der pH-Werte (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (17. April bis 13. Mai 2018)

Abb. 3.2.2-5: Verlauf von Leitfähigkeit und Temperaturen (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) und Niederschlag (Wetterstation *Wustweiler*) über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.2.2-6: Tageszyklen der Trübung bei Trockenwetter (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) und Niederschlag (Wetterstation *Wustweiler*) (13. bis 29. August 2018)

Abb. 3.2.4-1: Verlauf der Frachten von Ammonium, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat (Station *Eppelborn*) über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.2.4-2: Verlauf der Frachten von Nitrat und TOC (Station *Eppelborn*) über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.2.4-3: Prozentualer Anteil der Grundfrachten und „Regen“-Frachten an der Gesamtfracht und in absoluten Mengen in Tonnen als Zahlenangaben auf den Balken in der III (Station *Eppelborn*) über den gesamten Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 31. Oktober 2019)

Abb. 3.3.1-1: Konzentrationen von ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor, Ammonium und TOC bei Niedrigwasser (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) (19. April. bis 12. Mai 2018)

Abb. 3.3.1-2: Konzentrationsanstieg von Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat, Ammonium und TOC bei Regen (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) (04. bis 19. Juni 2018)

Abb. 3.3.1-3: Korrelation von ortho-Phosphat zu Gesamt-Phosphor über den gesamten Messzeitraum (Station *Knorscheider Mühle*)

Abb. 3.3.1-4: Korrelationen von Gesamt-Phosphor (oben) und TOC (unten) (Station *Knorscheider Mühle*) zum Abfluss (Pegel *Lebach*) (12. bis 14. Juni 2018)

Abb. 3.3.1-5: Verlauf der Konzentrationen von Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat und Ammonium (Station *Knorscheider Mühle*) über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.3.1-6: Einträge von Nitrat über Zwischenabfluss (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) (16 Dezember 2018. bis 5. Januar 2019)

Abb. 3.3.1-7: Veränderung der Nitrat-Konzentrationen (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.3.1-8 : Tageszyklen von Nitrat und Trübung (Station *Knorscheider Mühle*) und des Abflusses (Pegel *Lebach*) in Trockenphasen sowie Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) (9. bis 29. Oktober 2018)

Abb. 3.3.1-9: Konzentrationen von Ammonium (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.3.1-10: Gehalte von Ammoniak in Abhängigkeit von Ammonium, pH-Wert und Temperatur (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) (27. Oktober bis 30. November 2018)

Abb. 3.3.2-1: Tageszyklen von Sauerstoff, Temperaturen und pH-Wert (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) (9. bis 30. April 2018)

Abb. 3.3.2-2: Verlauf der Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Knorscheider Mühle*) sowie theoretische Sauerstoff-Sättigung über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.3.2-3: Sauerstoff-Defizit durch Einleitungen von Ammonium und TOC bei Regen (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) (27. Juli bis 8. August 2018)

Abb. 3.3.2-4: Verlauf von Leitfähigkeit und Temperaturen (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.3.4-1: Verlauf der Frachten von Ammonium, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat (Station *Knorscheider Mühle*) über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.3.4-2: Verlauf der Frachten von Nitrat und TOC (Station *Knorscheider Mühle*) über den gesamten Messzeitraum

Abb. 3.3.4-3: Prozentualer Anteil der Grundfrachten und Frachten bei Regen an der Gesamtfracht und als absolute Mengen in Tonnen als Zahlenangaben auf den Balken in der Theel (Station *Knorscheider Mühle*) über den gesamten Messzeitraum (9. April 2018 bis 8. Oktober 2019)

Abb. 3.4-1: prozentuale Überschreitung (im Falle von Sauerstoff: Unterschreitung) der jeweiligen Anforderungen gemäß OGWV [7] sowie des Schwellenwertes für Nitrat gemäß Methodenhandbuch [7] an allen drei Standorten über den gesamten gemeinsamen Messzeitraum 1. Juli 2018 bis 19. März 2019)

Abb. 3.4-2: Verlauf der Sauerstoffgehalte an allen drei Standorten über den gesamten gemeinsamen Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 19. März 2019)

Abb. 3.4-3: Verlauf der Temperatur an allen drei Standorten über den gesamten gemeinsamen Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 19. März 2019)

Abb. 3.4-4: Verlauf der pH-Werte an allen drei Standorten über den gesamten gemeinsamen Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 19. März 2019)

Abb. 3.4-5: Flächenanteile des Einzugsgebietes und Anteil der Nährstoffe-Frachten aus dem jeweiligen Einzugsgebiet über den gesamten gemeinsamen Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 19. März 2019)

Abb. 3.4-6: Prozentualer Anteil der Grundfrachten und Frachten bei Regen an der Gesamtfracht und in absoluten Mengen in Tonnen als Zahlenangaben auf den Balken im Vergleich an Alsbach, Ill und Theel über den gesamten gemeinsamen Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 8. Oktober 2019)

Abb. 3.5-1: Temperaturen an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

Abb. 3.5-2: Sauerstoff-Gehalte an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

Abb. 3.5-3: pH-Werte an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

Abb. 3.5-4: Gehalte von Nitrat an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

Abb. 3.5-5: Gehalte von Ammonium an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

Abb. 3.5-6: Gehalte von ortho-Phosphat an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

Abb. 3.5-7: Gehalte von Gesamt-Phosphor an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

Abb. 3.5-8: Gehalte von TOC an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

Abb. 4.1.1-1 Vergleich der Abflüsse der Ill der Jahre 2010/2011 und 2018/219 (Pegel *Eppelborn*) jeweils von 1. Juli bis 30. Juni

Abb. 4.1.2-1a: Konzentrationen von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (1. Juli bis 30. November 2010 und 2018)

Abb. 4.1.2-1b: Konzentrationen von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (30. September bis 23. Oktober 2010 und 2018)

Abb. 4.1.2-2: Konzentrationen von Nitrat (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (1. Oktober bis 31. Dezember 2010 und 2018)

Abb. 4.1.2-3: Konzentrationen von Ammonium (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (2. Juli bis 29. November 2010 und 2018)

Abb. 4.1.2-4: Konzentrationen von Ammoniak sowie Temperatur und pH-Wert- (Station *Eppelborn*) (2. Juli bis 12. Oktober 2010 und 2018)

Abb. 4.1.2-5: Konzentrationen von TOC (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Abb. 4.1.2-6: Verlauf der Temperaturen (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Abb. 4.1.2-7: Konzentrationen von Sauerstoff (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Abb. 4.1.2-8: Verlauf der Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Eppelborn*) sowie theoretische Sauerstoff-Sättigung bei Normaldruck (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Abb. 4.1.2-9: Verlauf der Temperaturen, der pH-Werte und Sauerstoff-Konzentrationen (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (1. Juli bis 30. August 2010 und 2018)

Abb. 4.1.2-10: Verlauf der Leitfähigkeit (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Abb. 4.1.2-11: prozentuale Überschreitung (im Falle von Sauerstoff: Unterschreitung) der jeweiligen Anforderungen gemäß OGewV [7] sowie des Schwellenwertes für Nitrat gemäß Methodenhandbuch [7] (Station *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Abb. 4.1.2-12: Screeplots der PCA (Hauptkomponentenanalyse) der Konzentrationsdaten (Station *Eppelborn*) der beiden Messzeiträume (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Abb. 4.1.2-13: Biplots mit Cluster der PCA der Konzentrationsdaten (Dim = Hauptkomponente) (Station *Eppelborn*) (links: Hauptkomponenten 1 und 2; rechts: Hauptkomponenten 2 und 3) der beiden Messzeiträume (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Abb. 4.1.2-14: Correlationplots der PCA der Konzentrationsdaten der beiden Messzeiträume (Dim = Hauptkomponente) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Abb. 4.1.3-1: Vergleich der Anteile der Grund- und „Regen“-Frachten an der Gesamtfracht in Prozent und in absoluten Mengen in Tonnen (Werte auf Balken (Messstation *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Abb. 4.1.3-2: Zunahme bzw. Abnahme der Frachten als Gesamtfrachten, Grund- und „Regen“-Frachten von 2010/2011 zu 2018/2019 in Prozent (Messstation *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Abb. 4.1.4-1: Ergebnisse der Messungen von Sauerstoff, Temperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit in den Jahren 2006 bis 2018 in der Ill an der Landes-Messstelle in *Bubach-Calmesweiler* (1489) durch das LUA

Abb. 4.1.4-2: Ergebnisse der Beprobung von TNb, Nitrat, Ammonium und Nitrit in den Jahren 2006 bis 2018 in der Ill an der Landes-Messstelle in *Bubach-Calmesweiler* (1489) durch das LUA

Abb. 4.1.4-3: Ergebnisse der Beprobung von Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat und TOC in den Jahren 2006 bis 2018 in der Ill an der Landes-Messstelle in *Bubach-Calmesweiler* (1489) durch das LUA

Abb. 4.1.4-4: Jahres-Mediane von Ammonium mit signifikant abnehmendem Trend (LUA-Beprobungen der Ill in *Bubach-Calmesweiler*, Landes-Messstelle 1498, 2006 bis 2018)

Abb. 4.1.4-5: Jahres-Mediane von Chrom, Mangan und Nickel mit signifikant abnehmendem Trend (LUA-Beprobungen der Ill in *Bubach-Calmesweiler*, Landes-Messstelle 1498, 2006 bis 2018)

Abb. 4.2.1-1 Vergleich der Abflüsse der Theel der Jahre 2006/2007, 2010/2011 und 2018/219 (Pegel *Lebach*) jeweils von 9. April bis 8. April

Abb. 4.2.1-2: Abfluss (Pegel *Lebach*) und Lufttemperaturen (Wetterstation *Lebach*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April 2019)

Abb. 4.2.2-1a: Vergleich der Konzentrationen von Gesamt-Phosphor (Station *Knorscheider Mühle*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April. 2019)

Abb. 4.2.2-1b: Vergleich der Konzentrationen von ortho-Phosphat (Station *Knorscheider Mühle*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April. 2019)

Abb. 4.2.2-2: Vergleich der Konzentrationen von Ammonium (Station *Knorscheider Mühle*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April. 2019)

Abb. 4.2.2-3: Vergleich der Nitrat-Konzentrationen (Station *Knorscheider Mühle*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April. 2019)

Abb. 4.2.2-4: Vergleich der TOC-Konzentrationen (Station *Knorscheider Mühle*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April. 2019)

Abb. 4.2.2-5: Vergleich der Temperaturen (Station *Knorscheider Mühle*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April. 2019)

Abb. 4.2.2-6: Vergleich der Sauerstoff-Konzentrationen (Station *Knorscheider Mühle*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April. 2019)

Abb. 4.2.2-7: Vergleich der Korrelationen der Sauerstoff-Gehalte und der Temperaturen (Station *Knorscheider Mühle*) im Vergleich mit der theoretischen Sauerstoffsättigung bei Normaldruck (9. bis 22. April 2007, 2010 und 2018)

Abb. 4.2.2-8: Vergleich der Korrelationen der Sauerstoff-Gehalte und der Temperaturen (Station *Knorscheider Mühle*) im Vergleich mit der theoretischen Sauerstoffsättigung bei Normaldruck (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April. 2019)

Abb. 4.2.2-9: Vergleich der pH-Werte (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Abb. 4.2.2-10: Vergleich der Leitfähigkeiten (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Abb. 4.2.2-11: prozentuale Überschreitung (im Falle von Sauerstoff: Unterschreitung) der jeweiligen Anforderungen gemäß OGewV [7] sowie des Schwellenwertes für Nitrat gemäß Methodenhandbuch [7] (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Abb. 4.2.2-12: Screeplots der PCA (Hauptkomponentenanalyse) der Konzentrationsdaten (Station *Eppelborn*) der drei Messzeiträume (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Abb. 4.2.2-13: Biplots mit Cluster der PCA der Konzentrationsdaten (Dim = Hauptkomponente) (Station *Knorscheider Mühle*) (links: Hauptkomponenten 1 und 2; rechts: Hauptkomponenten 2 und 3) der drei Messzeiträume (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Abb. 4.2.2-14: Correlationplots der PCA der Konzentrationsdaten der drei Messzeiträume (Station *Knorscheider Mühle*) (Dim = Hauptkomponente) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Abb. 4.2.3-1: Vergleich der Anteile der Grund- und „Regen“-Frachten an der Gesamtfracht in Prozent und in absoluten Mengen in Tonnen (Werte auf Balken) (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Abb. 4.2.3-2: Zunahme bzw. Abnahme der Frachten als Gesamtfrachten, Grund- und „Regen“-Frachten von: a) 2006/2007 zu (oben) und b): 2010/2011 zu 2018/2019 in Prozent (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Abb. 4.2.4-1: Ergebnisse der Messungen von P₂, Temperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit in den Jahren 2006 bis 2018 in der Theel an der Landes-Messstelle in *Knorscheid* (124) durch das LUA

Abb. 4.2.4-2: Ergebnisse der Beprobung von TNb, Nitrat, Ammonium und Nitrit in den Jahren 2006 bis 2018 in der Theel an der Landes-Messstelle in *Knorscheid* (124) durch das LUA

Abb. 4.2.4-3: Ergebnisse der Beprobung von Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat und TOC in den Jahren 2006 bis 2018 in der Theel an der Landes-Messstelle in *Knorscheid* (124) durch das LUA

Abb. 4.2.4-4: Jahres-Mediane von Ammonium, Chrom und Eisen mit signifikant abnehmendem Trend (LUA-Beprobungen der Theel in *Knorscheid*, Landes-Messstelle 124, 2006 bis 2018)

Abb. 4.2.4-5: Jahres-Mediane von Mangan und Nickel mit signifikant abnehmendem Trend (LUA-Beprobungen der Theel in *Knorscheid*, Landes-Messstelle 124, 2006 bis 2018)

Abb. 4.2.4-6: Statistisch signifikante Trends der Nitrat-Konzentration von über die Jahre 2006 bis 2019 in den Grundwassermessstellen 01085, 01086, 01087 (jeweils abnehmend) und 01089 (zunehmend) (jährliche Beprobung durch das LUA, 2006 bis 2019)

Abb. 8-1: Messstation am Alsbach in *Marpingen*

Abb. 8-2: Messstation an der Ill in Eppelborn

Abb. 8-3: Messstation an der Theel an der *Knorscheider Mühle*

Abb. 8-4: Nitratrückhaltevermögen im Einzugsgebiet Theel-Ill (Quelle: Geoportal Saarland, Maßstab ca. 1 : 57.000)

Abb. 8-5: Box-whisker-plots der Stundenmittelwerte des Alsbaches in Marpingen vom 5. April 2018 bis 19. März 2019: a: Leitfähigkeit; b: pH-Wert, Sauerstoff, Temperatur; Nitrat, TOC; Ammonium, ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor

Abb. 8-6: Box-whisker-plots der Frachten des Alsbaches in *Marpingen* vom 5. April 2018 bis 19. März 2019: a: ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor; b: Ammonium; c: Nitrat; d: TOC

Abb. 8-7: Box-whisker-plots der Stundenmittelwerte der Ill in Eppelborn vom 1. Juli 2018 bis 30. Oktober 2019: a: Leitfähigkeit; b: pH-Wert, Sauerstoff, Temperatur; Nitrat, TOC; Ammonium, ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor

Abb. 8-8: Box-whisker-plots der Stundenmittelwerte der Frachten der Ill in *Eppelborn* vom 1. Juli 2018 bis 30. Oktober 2019: a: ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor; b: Ammonium; c: Nitrat; d: TOC

Abb. 8-9: Box-whisker-plots der Stundenmittelwerte der Theel in Knorscheider Mühle vom 9. April 2018 bis 8. Oktober 2019: a: Leitfähigkeit; b: pH-Wert, Sauerstoff, Temperatur; Nitrat, TOC; Ammonium, ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor

Abb. 8-10: Box-whisker-plots der Stundenmittelwerte der Frachten der Theel in *Knorscheider Mühle* vom 9. April 2018 bis 8. Oktober 2019: a: ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor; b: Ammonium; c: Nitrat; d: TOC

Abb. 8-11: Vergleich des Abflusses (Pegel Lebach zuzgl. Ablauf der Kläranlage Lebach) und Niederschläge (Wetterstation Lebach) vom 9. April bis 31. März 2010/2011 und 2018/2019

Abb. 8-12: Vergleich der Lufttemperaturen und der Globalstrahlung (Wetterstation Lebach) vom 9. April bis 31. März 2010/2011 und 2018/2019

Abb. 8-13: Vergleich der Frachten von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat der Jahre 2010 und 2018 in der Ill in Eppelborn (jeweils 1. Juli bis 30. November)

Abb. 8-14: Vergleich der Frachten von Nitrat der Jahre 2010 und 2018 in der Ill in Eppelborn (jeweils 1. Juli bis 30. November)

Abb. 8-15: Vergleich der Frachten von Ammonium der Jahre 2010 und 2018 in der Ill in Eppelborn (jeweils 1. Juli bis 30. November)

Abb. 8-16: Vergleich der Frachten von TOC der Jahre 2010 und 2018 in der Ill in Eppelborn (jeweils 1. Juli bis 30. November)

Abb. 8-17: Vergleich der Frachten von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat in der Theel an der Knorscheider Mühle vom 9. April bis 31. Juli 2007 und vom 1. August bis 30. November 2006 sowie vom 9. April bis 30. November 2010 und 2018

Abb. 8-18: Vergleich der Frachten von Nitrat in der Theel an der Knorscheider Mühle vom 9. April bis 31. Juli 2007 und vom 1. August bis 30. November 2006 sowie vom 9. April bis 30. November 2010 und 2018

Abb. 8-19: Vergleich der Frachten von Ammonium in der Theel an der Knorscheider Mühle vom 9. April bis 31. Juli 2007 und vom 1. August bis 30. November 2006 sowie vom 9. April bis 30. November 2010 und 2018

Abb. 8-20: Vergleich der Frachten von TOC in der Theel an der Knorscheider Mühle vom 9. April bis 31. Juli 2007 und vom 1. August bis 30. November 2006 sowie vom 9. April bis 30. November 2010 und 2018

Tabelle 2.2-1: Übersicht über die Anteile der Flächennutzung sowie die Anzahl der Mischwasserentlastungsbauwerke und der kommunalen Kläranlagen in den Einzugsgebieten

Tabelle 2.3.2-1: Theoretische Unterteilung der Nährstoff-Frachten in die einzelnen Kategorien (Anteile aus Kläranlagen, Mischwasserentlastung, Landwirtschaft und Grundwasser)

Tabelle 2.3.3-1: Übersicht über die Kapitel und die darin betrachteten Zeiträume aus den jeweiligen Messkampagnen 2010/2007, 2010/2011 und 2018/2019

Tabelle 3.1.3-1: Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte des Alsbaches in Marpingen vom 5. April 2018 bis 19. März 2019, Schwellenwerte für Nitrat und Nitrit gemäß Methodenhandbuch für Gewässergüteklasse 2 [7], Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial für Gewässertyp 6 gemäß Anlage 7 [6] sowie Anzahl der zugrunde liegenden Stundenmittelwerte bzw. Einzelmessungen (n)

Tabelle 3.1.4-1: Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Frachten der Stundenmittelwerte der Nährstoffe und des Abflusses sowie Gesamtfracht des Alsbaches in *Marpingen* über den gesamten Messzeitraum (5. April 2018 bis 19. März 2019)

Tabelle 3.2.3-1: Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Ill in Eppelborn vom 1. Juli 2018 bis 30. Oktober 2019, Schwellenwerte für Nitrat und Nitrit gemäß Methodenhandbuch für Gewässergüteklasse 2 [7], Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial für Gewässertyp 9.1 gemäß Anlage 7 OGewV [6] sowie Anzahl der zugrunde liegenden Stundenmittelwerte bzw. Einzelmessungen (n)

Tabelle 3.1.4-2: Berechnete Herkunft der Frachten (Prozent-Angaben in Klammern) im Alsbach (Station *Marpingen*) über den gesamten Messzeitraum (5. April 2018 bis 19. März 2019)

Tabelle 3.2.4-1: Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Frachten der Stundenmittelwerte der Nährstoffe und des Abflusses sowie Gesamtfracht der Ill in *Eppelborn* über den gesamten Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 30. Oktober 2019)

Tabelle 3.2.4-2: Berechnete Herkunft der Frachten (Prozent-Angaben in Klammern) in der Ill (Station *Eppelborn*) über den gesamten Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 31. Oktober 2019)

Tabelle 3.3.3-1: Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Theel in Knorscheider Mühle vom 9. April 2018 bis 8. Oktober 2019, Schwellenwerte für Nitrat und Nitrit gemäß Methodenhandbuch für Gewässergüteklasse 2 [7], Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial für Gewässertyp 9.1 gemäß Anlage 7 OGewV [6] sowie Anzahl der zugrunde liegenden Stundenmittelwerte bzw. Einzelmessungen (n)

Tabelle 3.3.4-1: Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Frachten der Stundenmittelwerte der Nährstoffe und des Abflusses sowie Gesamtfracht der Theel an der *Knorscheider Mühle* über den gesamten Messzeitraum (9. April 2018 bis 8. Oktober 2019)

Tabelle 3.3.4-2: Berechnete Herkunft der Frachten (Prozent-Angaben in Klammern) in der Theel (Station *norscheider Mühle*) über den gesamten Messzeitraum (9. April 2018 bis 8. Oktober 2019)

Tabelle 4.1.1-1: Mittelwerte (für Niederschlag: Summe), Mediane, Minima und Maxima der Wetterdaten der Station in *Wustweiler* (Lufttemperatur und Globalstrahlung 2010/2011 Station *Sotzweiler*) und Abfluss am Pegel *Eppelborn* der Messkampagne 2010/2011 (26. März 2010 bis 25. März 2011), des DS1 (01. Juli 2018 bis 30. Juni 2019) und des DS2 (01. Juli 2019 bis 30. Oktober 2019 und 31. Oktober 2018 bis 30. Juni 2019)

Tabelle 4.1.2-1: Vergleich der Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Ill (Station *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Tabelle 4.1.3-1: Vergleich der Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Frachten sowie Gesamtfrachten der Nährstoffe (Messstation *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Tabelle 4.1.3-2: Berechnete Herkunft der Frachten (Prozent-Angaben in Klammern) in der Ill (Station *Eppelborn*) in den Messzeiträumen 2010/2011 und 2018/2019 (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Tabelle 4.2.1-1: Vergleich der Mittelwerte (für Niederschlag: Summe), Mediane, Minima und Maxima der Wetterdaten (Station *Sotzweiler*) und des Abflusses (Pegel *Lebach*) der Messkampagnen 2006/2007 und 2010/2011 sowie des DS1 (09.04.2018 bis 08.04.2019) und des DS2 (09.04.2019 bis 08.10.2019 und 09.10.2018 bis 08.04.2019)

Tabelle 4.2.1-2: Vergleich der Mittelwerte und Mediane der Stundenmittelwerte der Theel in *Lebach* der Messkampagnen 2006/2007 und 2010/2011 sowie des DS1 (09.04.2018 bis 08.04.2019) und des DS2 (09.04.2019 bis 08.10.2019 und 09.10.2018 bis 08.04.2019)

Tabelle 4.2.2-1: Vergleich der Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Theel (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Tabelle 4.2.3-1: Vergleich a) der Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Frachten sowie b) der Gesamtfrachten der Nährstoffe (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Tabelle 4.2.3-2: Berechnete Herkunft der Frachten (Prozent-Angaben in Klammern) (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Tabelle 5-1: Herkunft der Frachten an Gesamt-Stickstoff (oben) und Gesamt-Phosphor (unten) in der Ill in Tonnen (Prozent-Angaben in Klammern) der Jahre 2010/2011 und 2018/2019 (Stationen *Eppelborn*) im Vergleich mit den Ergebnissen der Studie der tectraa (2009-2015)

Tabelle 5-2: Herkunft der Frachten an Gesamt-Stickstoff (oben) und Gesamt-Phosphor (unten) in der Theel in Tonnen (Prozent-Angaben in Klammern) der Jahre 2006/2007,2010/2011 und 2018/2019 (Station *Knorscheider Mühle*) im Vergleich mit den Ergebnissen der Studie der tectraa (2009-2015)

Tabelle 4.2.4-1: Mittelwerte der Konzentration an Nitrat im Grundwasser und Trend über die Jahre 2006 bis 2019 in den betrachteten Grundwassermessstellen (jährliche Beprobung durch das LUA, 2006 bis 2019)

Tabelle 8-1: Messparameter, Messbereiche und -methoden in den Messstationen

Tabelle 8-2: Vergleich der Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Frachten sowie Gesamtfrachten der Nährstoffe (Messstation Eppelborn) der Messkampagne 2010/2011 sowie des Datensatzes 1 (01. Juli 2018 bis 30. Juni 2019) und des Datensatzes 2 (01. Juli 2019 bis 30. Oktober 2019 und 31. Oktober 2018 bis 30. Juni 2019)

Tabelle 8-3: Ergebnisse des Tests auf Normalverteilung am Standort Ill in Eppelborn (Mediane der Daten der Stichprobenmessungen an der Landesmessstelle 1498 durch das LUA (2006 bis 2018))

Tabelle 8-4: Ergebnisse des Tests auf Normalverteilung am Standort Theel in Knorscheid (Mediane der Daten der Stichprobenmessungen an der Landesmessstelle 124 durch das LUA (2006 bis 2018))

***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;
Frau Kaiser, Herrn Dr. Haybach, Herrn Rigoll, Herrn Franzen und Herrn Stoffels
vom Landesamt für Umwelt - und Arbeitsschutz;
dem Zweckverband Natura Ill-Theel;
Herrn Dr. Hasselbach vom Entsorgungsverband Saar:
der Firma Juchem in Eppelborn, v.a. Herrn Becker;
Herrn Hell von der Gemeinde Marpingen;
Herrn Bonner aus Marpingen;
Familie Emanuel aus Lebach*

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.

Mit Hilfe der von der Arbeitsgruppe GEWÄSSERMONITORING der Universität des Saarlandes (UdS) im Rahmen eines EU-LIFE-Projektes¹ konzipierten mobilen Messstationen können Nährstoffparameter wie Phosphor, TOC 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) in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Umwelt und Arbeitsschutz des Saarlandes (LUA) im Rahmen eines investigativen Monitorings eingesetzt. Hauptaugenmerk liegt dabei auf denjenigen Oberflächenwasserkörpern, die ökologisch und chemisch schlechter als gut eingestuft wurden bzw. solchen, bei denen die Ursachen für die Belastungen noch nicht geklärt werden konnten (Abb. 1-1).

Aus diesem Grund wurden auch bereits vom 22. Juli 2006 bis zum 31. August 2007 Messungen an der Theel in *Lebach-Knorscheid (Knorscheider Mühle)* durchgeführt (siehe auch [1]).

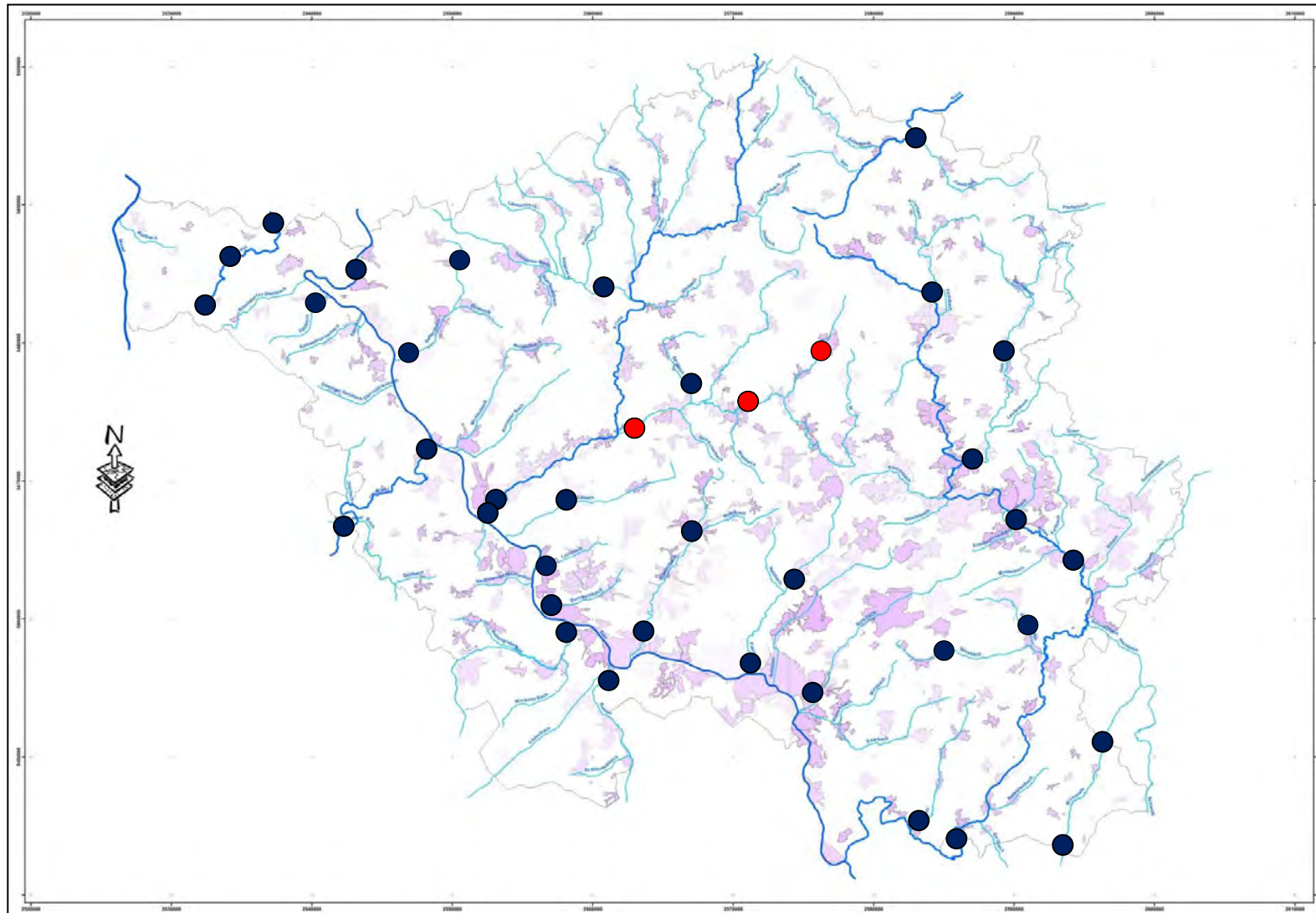
Im Jahr 2010 erhielt die UdS vom damaligen Zweckverband Illrenaturierung (dem heutigen Zweckverband Natura Ill-Theel) den Auftrag, die Gewässergüte mit Hilfe der Messstationen zu charakterisieren. So wurden die Stationen wiederum an der Theel an der *Knorscheider Mühle* (01. April 2010 bis 31. März 2011) sowie an der Ill in *Eppelborn* (26. März 2010 bis 31. März 2011) und am Saubach in *Lebach* (8. März 2010 bis 31. März 2011) installiert (siehe auch [2]).

Die hier beschriebene neuerliche Untersuchung an Theel und Ill wurde im Auftrag des Zweckverbandes Natura Ill-Theel durchgeführt und beinhaltet diesmal auch die Messungen am Alsbach in *Marpingen*. Dieser Standort wurde hinzugefügt, da derzeit oberhalb dieses Messpunktes alle geplanten Maßnahmen abgeschlossen sind; diese Messstelle dient sozusagen als Nullpunkt des Einzugsgebietes. Die Zielstellung des Auftrages war es, Veränderungen der Gewässergüte, die sich während der letzten Jahre im Einzugsgebiet Ill-Theel realisierten Maßnahmen ergeben haben, zu dokumentieren. Der durch den Zweckverband finanzierte Messzeitraum belief sich dabei auf insgesamt 8 Monate (April bis November 2018). Die in diesem Zeitraum an Theel, Ill und Alsbach gemachten Beobachtungen wurden Anfang 2019 in einem Zwischenbericht dargelegt.

Um die Messdaten mit den Ergebnissen aus den Jahren 2006/2007 und 2010/2011 vergleichen zu können, wurde beschlossen, die Messkampagne auf ein ganzes Kalenderjahr auszudehnen, wobei die Kosten für die zusätzliche Messzeit durch das MUV übernommen wurden. Dies erwies sich auch deswegen als sinnvoll, da das Wetter sowohl im Jahr 2018 als auch in den Sommermonaten des Jahres 2019 sehr trocken und warm war und daher die in dieser Zeit erhobenen Messwerte nur bedingt mit denen früherer Kampagnen vergleichbar sind.

Der vorliegende Abschlussbericht enthält neben den bereits im Zwischenbericht dargestellten Ergebnissen ausgewählte Beobachtungen des Messzeitraumes Dezember 2018 bis August 2019. Darüber hinaus werden die ermittelten Frachten beschrieben, die Daten der verschiedenen Messkampagnen (2007/2008, 2010/2011 und 2018/2018) verglichen sowie eine abschließende Bewertung der Veränderungen der Gewässergüte vorgenommen.

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 früherer Messkampagnen

● Standorte im Berichtszeitraum

Abb. 1-1: Standorte der Messstationen (Quelle: MUV)

2. Grundlagen und Methoden

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 Probenkopf; über ein weiteres Rohrsystem wird der Überlauf des Probenkopfes ins Gewässer zurückgeleitet (Abb. 2.1-1). Im Probenkopf selbst befinden sich die Messsonden zur Erfassung von Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), Trübung, Temperatur, Sauerstoff (O_2), pH-Wert und Leitfähigkeit sowie die Entnahme-Einheiten der online-Photometer für die Bestimmung der Konzentrationen von Ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$), Phosphor als ortho-Phosphat ($\text{PO}_4\text{-P}$) und Gesamt-Phosphor (P_{ges}) und TOC (Total Organic Carbon, Gesamter organischer Kohlenstoff) (in der Messstation in Marpingen zusätzlich auch von TIC; siehe unten). So können – je nach Messmethode – sehr kurze Messintervalle zwischen wenigen Sekunden und zehn Minuten, bei TOC zwanzig Minuten, realisiert werden (Tabelle 8-1 im Anhang). Die Messwerte werden im Fünfminuten-Rhythmus von einem Datenlogger erfasst und können dort über ein Mobilfunk-Modem abgerufen werden.

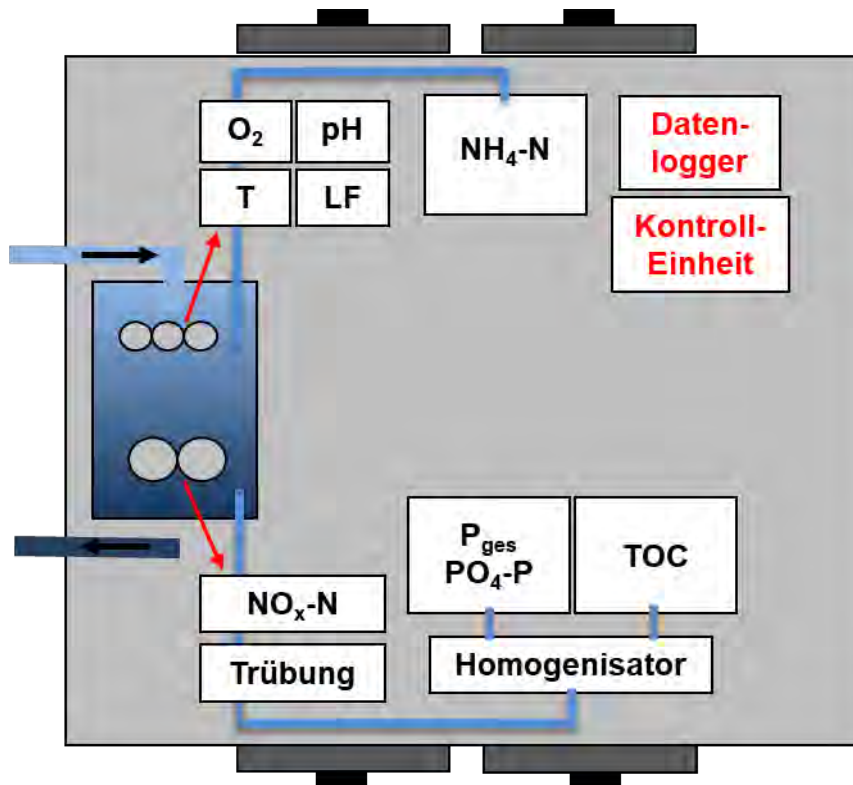


Abb. 2.1-1: Schematische Darstellung einer mobilen Messstation

Um die Funktionalität der einzelnen Messgeräte zu überprüfen, werden etwa alle sieben bis zehn Tage Proben aus dem Probenkopf entnommen, im Labor analysiert und den online ermittelten Werten gegenübergestellt. Dabei werden auch die Gehalte von Nitrit und TNb (Total Nitrogen bound, Gesamter gebundener Stickstoff) sowie TIC (TIC: Total Inorganic Carbon, Gesamter anorganischer Kohlenstoff) 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 geologischen Gegebenheiten des Einzugsgebietes, Landnutzung, Einleiter und weitere relevante Fakten.

2.2 Untersuchungsraum und Standorte

Die zur Verfügung stehenden Messstationen wurden im Mittellauf des Alsbaches als Nullpunkt, an der Theel-Mündung als Endpunkt des Einzugsgebietes und an der Ill als wichtigstem Zufluss zur Theel installiert. Aus diesem Grund werden diese drei Gewässer im folgenden Abschnitt näher erläutert.

Das gesamte Untersuchungsgebiet umfasst etwa 219 km² und wird von den sedimentären Ablagerungen des Karbons und des Rotliegenden dominiert [3]. „Das Landschaftsbild im Theel-Ill-Einzugsgebiet ist geprägt von breit gewölbten Höhenrücken, die von tief eingeschnittenen Seitentälern in Riedel untergliedert werden. Theel und Ill formen breite Sohlentäler“ [3]. Über die Hälfte der Einzugsgebietsfläche unterliegt landwirtschaftlicher Nutzung. „Die Ackerböden im Untersuchungsgebiet sind aufgrund ihres vergleichsweise hohen Schluff- und Sandgehaltes deutlich und in vielen Fällen stark erosionsgefährdet“ [3]².

Die Theel entspringt in der Nähe von *Theley*. Nach einer Fließstrecke von insgesamt 25,3 km mündet sie bei *Körprich* in die Prims. Sie ist in 3 Oberflächenwasserkörper (OWK) unterteilt: OWK V-2.2 bezeichnet die ersten Flusskilometer von der Quelle an, OWK V-2.1.1 den Mittellauf und OWK V-2.1.2 den letzten Teil der Fließstrecke. Die beiden OWK V-2.2 und OWK V-2.1.1 entsprechen dem Gewässertyp 6 (feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche). Der OWK V-2.1.1 ist als Gewässertyp 9.1 (karbonatischer, fein- bis grobmaterialreicher Mittelgebirgsfluss) charakterisiert [4].

Die Quelle der Ill (OWK V-2.3.1) befindet sich nördlich von *Urexweiler* und fließt nach einer Strecke von 30,3 km zwischen *Bubach-Calmesweiler* und *Lebach* in die Theel. Sie gehört zum Fließgewässertyp 9.1 (s.o.) [4].

Der Alsbach (OWK V-2.3.3) entspringt nördlich von *Alsweiler* und mündet nach einer Fließstrecke von etwa 10,8 km in *Dirmingen* in die Ill. Er zählt zum Fließgewässertyp 6 (s.o.) [4].

Alle drei Gewässer sind der Fischregion Sa-HR (Salmonidengeprägte Gewässer des Hyporhithrals; Äschenregion) zugeordnet [5].

Weitere Informationen über die (Teil-)Einzugsgebiete finden sich in Tabelle 2.2-1, wobei die Angaben für Ill und Alsbach jeweils als Anteile im Gesamt-Einzugsgebiet der Theel zu verstehen sind.

² Weitere, sehr detaillierte Informationen über das Einzugsgebiet Theel-Ill finden sich in Kiepurning 2018 [3].

Tabelle 2.2-1: Übersicht über die Anteile der Flächennutzung sowie die Anzahl der Mischwasserentlastungsbauwerke und der kommunalen Kläranlagen in den Einzugsgebieten

	Flächen(-anteile)						Anzahl	
	Gesamt [km ²]	Wald [%]	Grünland [%]	Acker [%]	Siedlung [%]	Sonstige [%]	Mischwasser- entlastung	Klär- anlagen
Alsbach (oberhalb des Messpunktes)	34,5 (12,3)	6,9 (35,2)	55,9 (30,1)	23,3 (30,8)	11,5 (3,6)	2,4 (0,3)	24 (11)	0
III (incl. Alsbach)	74,1	28	35,5	15,2	18,4	2,9	98	2 ³
Theel (incl. III)	219	23,4	30,2	20,7	14	11,7	241	5 ⁴

Das Einzugsgebiet der Ill (als Teil-Einzugsgebiet der Theel) ist bereits seit 1990 Gegenstand intensiver Untersuchungen und Maßnahmen, welche federführend durch den Zweckverband Illrenaturierung geplant, koordiniert und durchgeführt wurden. Im Jahr 2012 wurden die Aktivitäten auf das gesamte Einzugsgebiet der Theel ausgeweitet und der Zweckverband daher in Zweckverband Natura Ill-Theel umbenannt. Im etwa 1100 ha große Kerngebiet wurden seit 1995 zahlreiche Maßnahmen umgesetzt, welche sich auch auf die Wasserqualität ausgewirkt haben und zum Teil noch heute auswirken. Bei diesen Maßnahmen handelt es sich um solche zur Erhöhung der Strukturvielfalt im Gewässerkörper, um die Einrichtung nicht genutzter Uferrandstreifen (mit 5m Breite, ab Ill-Brücke Hosterhof 10m Breite) und damit einhergehend die Erhöhung des Beschattungsanteils durch Ufergehölze, die Einrichtung eines Naturschutzgebietes im Kerngebiet des Einzugsgebietes, um den flächenweisen Verzicht von Ackernutzung sowie dem Verzicht von Düngung und dem Einsatz von Pestiziden, um Maßnahmen zur tendenzielle Ausmagerung von Flächen (z.B. durch den Abtransport des Mähguts) und andere (Quelle: Mitteilung von U. Heintz, Zweckverband Natura Ill-Theel).

Die genauen Standorte der mobilen Messstationen befanden sich:

- vom 5. April 2018 bis 19. März 2019 am Alsbach in der Schafbrücke in *Marpingen* (R2576661 H5480196) (Abb. 2.2.-2a und b sowie Abb. 8-1 im Anhang),
- vom 1. Juli 2018 bis 30. Oktober 2019 an der Ill auf dem Gelände der Firma Juchem in *Eppelborn* (R2569742 H5474965) (Abb. 2.2.-3a und b sowie Abb. 8-2 im Anhang) und
- vom 4. April 2018 bis 8. Oktober 2019 an der Theel an der *Knorscheider Mühle* (Primsstrasse in *Lebach*; R2561971 H5473434) (Abb. 2.2.-4a und b sowie Abb. 8-3 im Anhang).

Zur Interpretation der Messdaten der einzelnen Standorte wurden die Daten der folgenden Pegel- und Wetterstationen des Landesamtes für Umwelt und Arbeitsschutz des Saarlandes (LUA) herangezogen: Theel *Knorscheider Mühle*: Abflussmengen der Pegelstation in *Lebach* und Wetterdaten der Wetterstation in *Lebach*. Da sich die Kläranlage *Lebach* zwischen der Pegelstation und dem Messpunkt befindet, wurden die Ablaufmengen der Kläranlage zu den entsprechenden Abflussdaten der Pegelanlage hinzuaddiert⁵. Bei den in den folgenden Kapiteln als Abfluss bezeichneten Werten handelt es sich daher um die am Pegel *Lebach* erhobenen Messwerte zuzüglich der Abläufe der Kläranlage.

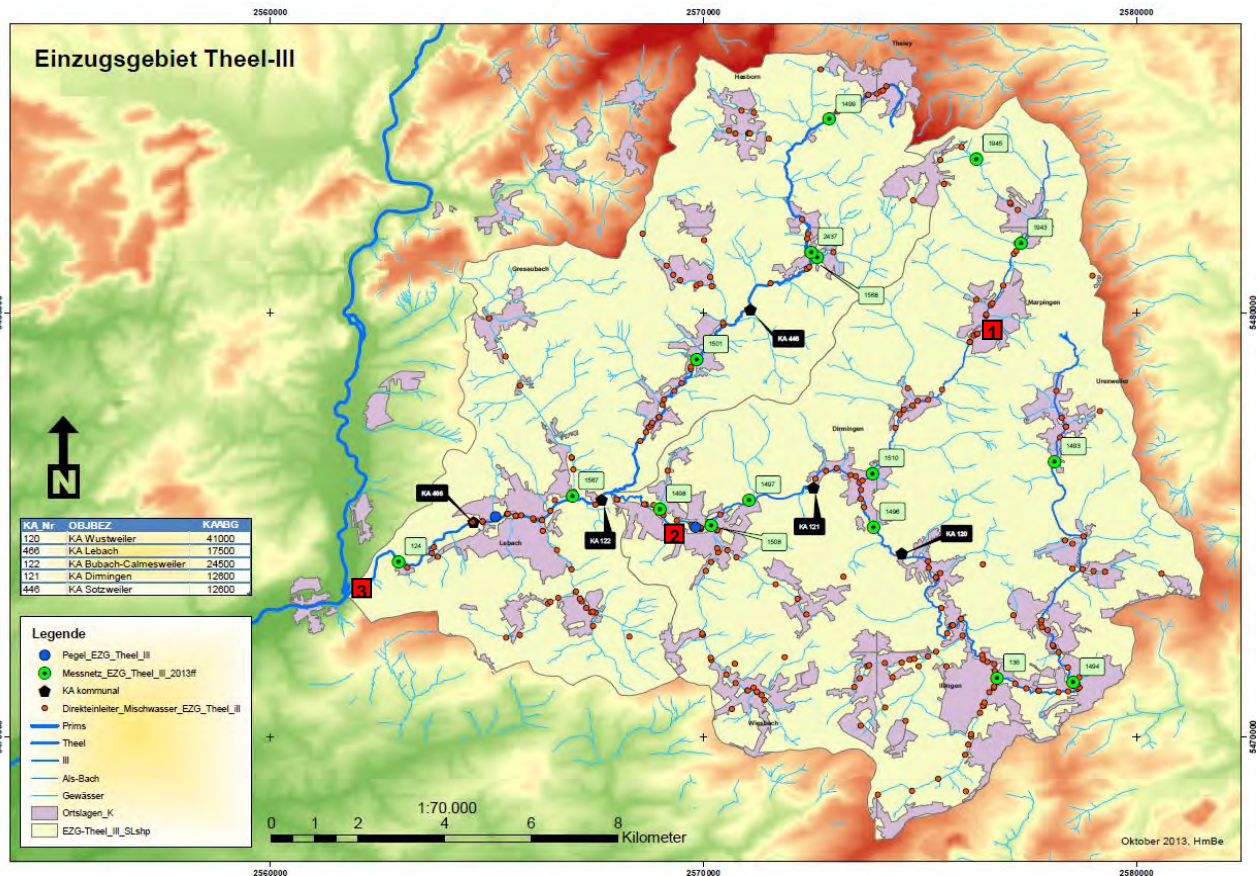
³ Kläranlagen *Wustweiler* (41.000 EW) und *Sotzweiler* (12.330 EW)

⁴ oben und: Kläranlagen *Dirmingen* (12.600 EW), *Bubach-Calmesweiler* (26.000 EW) und *Lebach* (17.500 EW)

⁵ Die Abflussdaten der Kläranlage wurden vom Entsorgungsverband Saar (EVS) zur Verfügung gestellt. Sie konnten für die Jahre 2010/2011 sowie für den aktuellen Zeitraum berücksichtigt werden. Für den Berichtszeitraum 2006/2007 lagen hingegen keine Daten vor.

III in *Eppelborn*: Abflussmengen der Pegelstation in *Eppelborn* und Wetterdaten der Wetterstation in *Wustweiler*.

Alsbach in *Marpingen*: Wetterdaten der Wetterstation in *Sotzweiler*. Der Wasserstand wurde mit Hilfe einer Ultraschallsonde in unmittelbarer Nähe der Messstation selbst erhoben. Im Dezember 2018 wurde eine Messeinheit zur online-Erfassung von Fließgeschwindigkeit und Wasserstand installiert, welche - unter Berücksichtigung des entsprechenden Gewässerprofils der Messstelle - zeitlich hoch aufgelöst den Abfluss (Durchfluss) im Gewässer erhebt. Die ermittelten Daten wurden zur Ermittlung der Frachten für den Standort in *Marpingen* herangezogen.



■ Standorte der Messstationen am Alsbach in *Marpingen* (1), an der Ill in *Eppelborn* (2) und an der Theel an der *Knorscheider Mühle* (3)

Abb. 2.2-1: Einzugsgebiet von Ill und Theel mit Messpunkten, Pegeln und Direkteinleitern (Quelle: MUV)

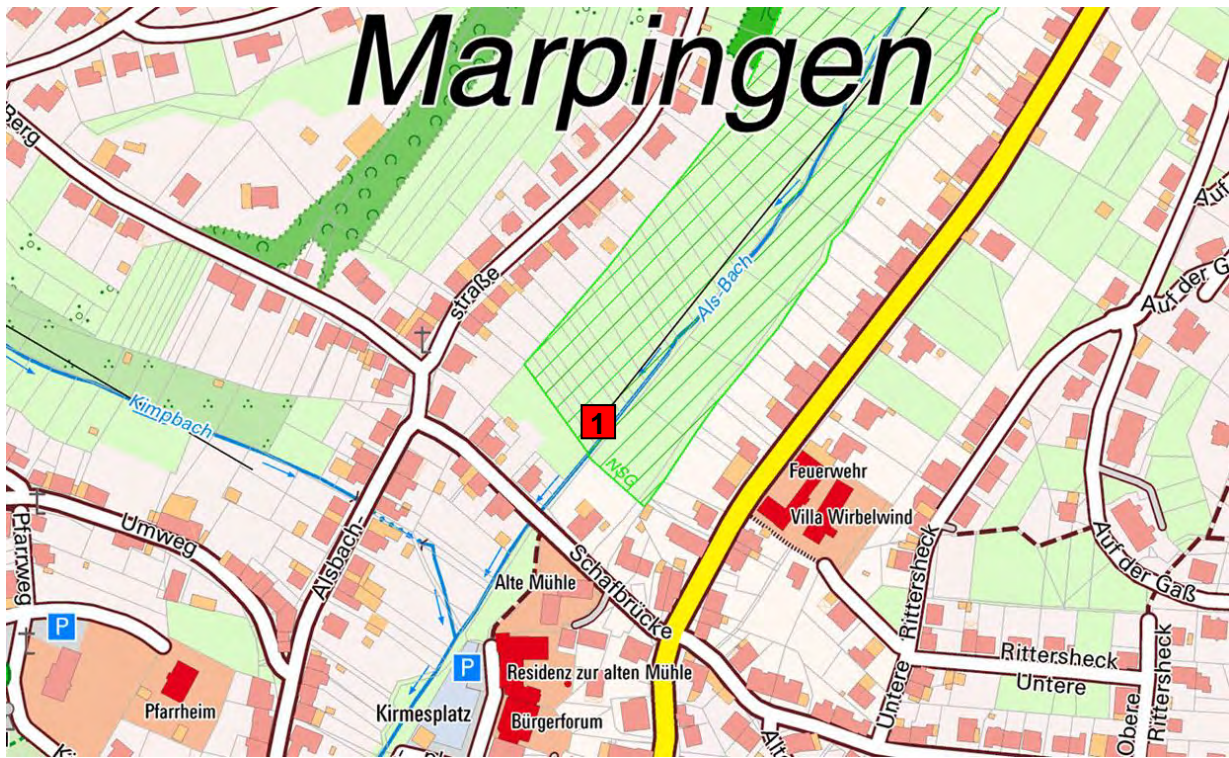


Abb. 2.2-2 a und b: Standort der Messstation Alsbach in Marpingen (Quelle: Zora)



Abb. 2.2-3 a und b: Standort der Messstation (2) und Pegel des LUA (blauer Punkt) an der Ill in Eppelborn (Quelle: Zora)

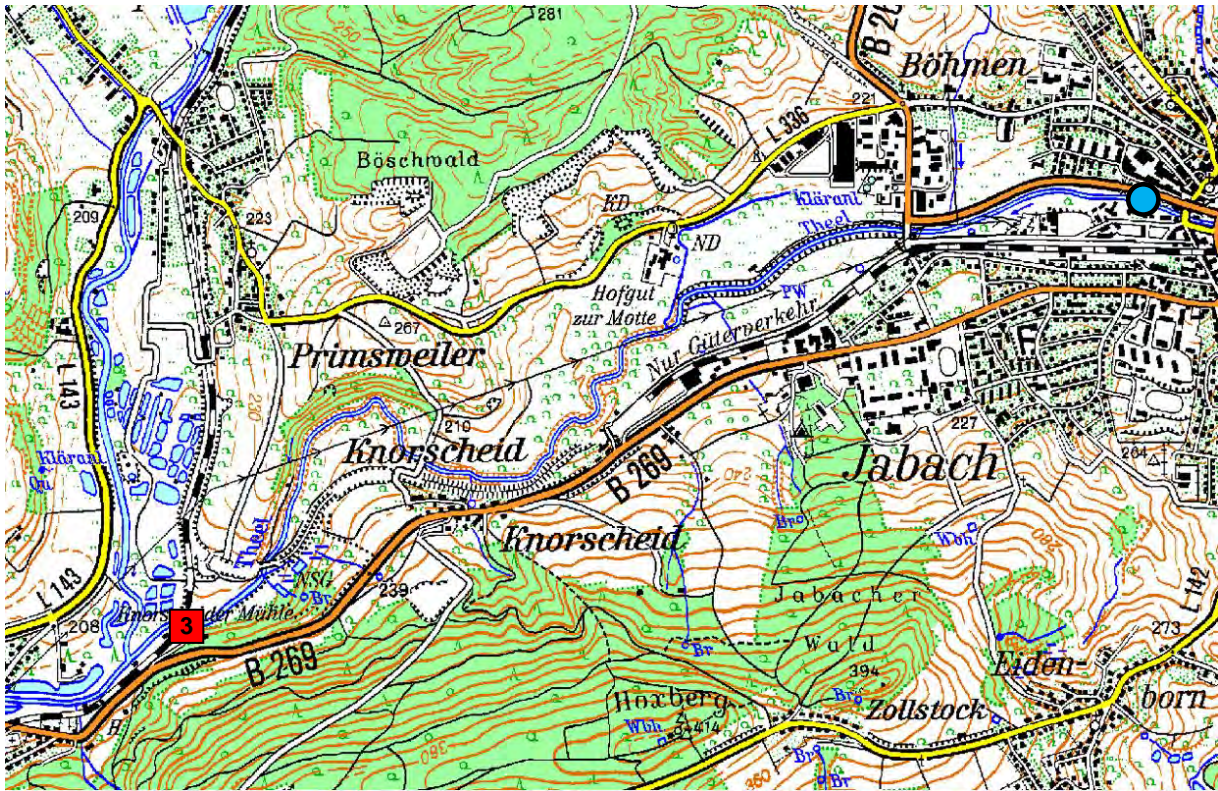


Abb. 2.2-4 a und b: Standort der Messstation der Theel an der *Knorscheider Mühle* (3) und Pegel des LUA in *Lebach* (blauer Punkt) (Quelle: Zora)

Die Feldkapazität der Böden ist für fast das gesamte Einzugsgebiet Theel-Ill mit 200-300 mm/dm (mittel) eingestuft (Abb. 8-4 im Anhang), lediglich im Bereich Knorscheid am Gebietsauslass der Theel haben die Böden eine geringe Feldkapazität von 100-200 mm/dm. Stauwassereinflüsse, Neigung zu Rissbildung und organische Substrate sind nicht kartiert. Die Böden im Einzugsgebiet weisen somit ein mittleres Nitratrückhaltevermögen, im untersten Bereich des Einzugsgebietes ein etwas geringeres Nitratrückhaltevermögen auf.

2.3 Methoden für die Bewertung und den Vergleich der Ergebnisse

2.3.1 Vergleich mit den Anforderungen und Schwellenwerten

In den Kapiteln 3.1.3, 3.2.3 und 3.3.3 werden die an Alsbach, Ill und Theel erhobenen Messwerte den Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial für Gewässertyp 6 (Alsbach) bzw. 9.1 (Ill und Theel) gemäß Anlage 7 der derzeit gültigen Oberflächengewässerverordnung von 2016 (OGewV) [6] gegenübergestellt. Neben den online gemessenen Daten sind auch die Werte für TNb und Nitrit, welche wöchentlich im Rahmen der Qualitätssicherung miterfasst wurden, angegeben (in den Tabellen grau unterlegt).

Gemäß den Vorgaben der OGewV wird für Sauerstoff der niedrigste, für den pH-Wert der niedrigste und der höchste und für die Wassertemperatur der jeweils höchste gemessene Wert zum Vergleich mit den Anforderungen der OGewV herangezogen. Für die übrigen Parameter ist der Mittelwert entscheidend. Die maßgeblichen Werte sind in der Tabelle fett gedruckt, Überschreitungen (im Falle von Sauerstoff und pH-Wert: Unterschreitungen) sind rot markiert. Für die Leitfähigkeit ist in der OGewV keine Anforderung definiert. Zusätzlich sind die online gemessenen Datensätze im Anhang als Box-Whisker-Plots abgebildet (Abb. 8-5, 8-7 und 8-9).

Für Ammoniak wird gemäß OGewV in der Regel das arithmetische Mittel aus den Jahresminimalwerten von maximal drei aufeinander folgenden Kalenderjahren als Maßstab herangezogen. Im vorliegenden Falle liegt dem Vergleich jedoch der Mittelwert des Messzeitraumes zugrunde, wobei die Werte für Ammoniak nicht gemessen, sondern rein rechnerisch ermittelt wurden (vgl. Kapitel 3.1.1).

Zu beachten ist bei der Bewertung, dass für Nitrat und für Nitrit nicht die Angaben aus der OGewV, sondern diejenigen Schwellenwerte herangezogen werden, welche im Methodenhandbuch für das Saarland als Anlage zum Bewirtschaftungsplan innerhalb der „Bewertung der allgemeinen chemischen Parameter (ACP) als unterstützende Qualitätskomponente für die Auswertung des ökologischen Zustands für alle im Saarland vorkommenden Gewässertypen“ festgeschrieben sind [7]. Für die ACP werden darin 5 Güteklassen definiert, von denen die Klasse 2 („gut“) zu erreichen ist. Der Schwellenwert liegt für Nitrat für Klasse 2 darin grundsätzlich unter der Anforderung der OGewV: im Methodenhandbuch sind 11 mg/l NO_3^- angegeben (dies entspricht $2,48 \text{ mg/l NO}_3\text{-N}$), in der OGewV 50 mg/l NO_3 . Für Nitrit sind im Methodenhandbuch grundsätzlich $0,03 \text{ mg/l NO}_2\text{-N}$ festgeschrieben, in der OGewV wird je nach Fließgewässertyp unterschieden, für die beiden hier betrachteten Fließgewässertypen 6 und 9.1 gilt dabei $0,05 \text{ mg/l NO}_2\text{-N}$. Für alle übrigen relevanten Parameter entsprechen die Schwellenwerte für diese Klasse den oben beschriebenen Anforderungen der OGewV.

Die in den Tabellen 3.1.3-1, 3.2.3-1 und 3.3.3-1 dargelegten Mittelwerte, Minima und Maxima beziehen sich auf den jeweils gesamten Messzeitraum an dem betreffenden Standort; aufgrund der unterschiedlich langen Messdauer sind diese Daten der unterschiedlichen Standorte nicht unmittelbar miteinander vergleichbar.

Die Angaben für Ammoniak sind kursiv geschrieben, da diese Werte nicht gemessen, sondern anhand der Ammonium-Konzentrationen, der Wassertemperaturen und der pH-Werte berechnet wurden.

2.3.2 Quantifizierung der Frachten und Kategorisierung der Herkunft der Belastungen

Um die Einträge in den verschiedenen Teil-Einzugsgebieten im direkten Vergleich beurteilen zu können, werden die Frachten der einzelnen Nährstoffe herangezogen.

Die Frachten wurden auf Basis der Stundenwerte als Produkt des Abflusses und der Konzentration des jeweiligen Parameters berechnet. Fehlende Konzentrationsangaben wurden dabei durch Eingabe des Mittelwertes des jeweiligen Datensatzes kompensiert. Somit können im Gegensatz zu Frachten, die auf Basis manueller Einzelproben abgeschätzt werden müssen, dank der online-Messungen die exakten Mengen an transportierten Nährstoffen äußerst präzise und stundengenau berechnet werden.

Zudem wurde der Frage nach der Herkunft der Nährstoff-Mengen nachgegangen. Dabei muss zunächst differenziert werden, welche Mengen einer Substanz grundsätzlich an einem Messpunkt in einem Gewässer vorhanden sind (Grundfracht) und welche Mengen in Folge von Niederschlagsereignissen zusätzlich dazu eingetragen werden (im Folgenden der Einfachheit halber als „Regen“-Fracht bezeichnet). Zu diesem Zweck wird im Allgemeinen der jeweilige Abfluss-Median zur Abgrenzung von Basis- und „Regen“-Abfluss herangezogen (vgl. auch Moatar et al., 2017; [8]). Da davon ausgegangen wird, dass die Grundfracht einer anthropogen eingetragenen Substanz auch dann in einem Gewässer vorhanden ist, wenn durch Niederschläge zusätzlich weitere Mengen dieses Stoffes eingetragen werden, wurde für den vorliegenden Bericht folgende Vorgehensweise zur Ermittlung der Grundfracht gewählt: es wurde zunächst die Summe der Stundenwerte derjenigen Frachten, die bei Abflüssen unterhalb des Abfluss-Medianes⁶ erfasst wurden, berechnet. Diese Zahl wurde dann durch die Anzahl der betreffenden Stunden dividiert, um eine mittlere Grundfracht pro Stunde zu erhalten. Dieses Ergebnis wurde anschließend mit der Anzahl aller gemessenen Stunden multipliziert. Die Differenz zwischen Gesamtfracht und Grundfracht ist dann die „Regen“-Fracht.

Anhand dieser Werte wurde dann eine erste theoretische Kategorisierung der Frachten in die aus der Landwirtschaft, aus Kläranlagen, aus Mischwasserentlastung und aus dem Grundwasser⁷ stammenden Anteile vorgenommen (Tabelle 2.3.2-1). Die Einteilung der Frachten in die betreffenden Kategorien wurde auf Basis jahrelanger Beobachtungen vorgenommen.

Es ist offensichtlich, dass sich dabei vor allem für den Stickstoff-Anteil Ungenauigkeiten ergeben, da z.B. Ammonium als ein Indikator für Kläranlagen-Emissionen (im Grundabfluss) und für Mischwasserentlastung (im „Regen“-Abfluss) intensiven Umbau-Prozessen im Gewässer unterworfen ist, oder da die Unterscheidung zwischen Nitrat-Einträgen über das Grundwasser und solchen aus Kläranlagen nur anhand der online erhobenen Messdaten nicht ohne Weiteres getroffen werden kann. Daher wurden zur genauen Herkunftsermittlung der Frachten zusätzlich die vom Kläranlagen-Betreiber Entsorgungsverband Saar (EVS) zur Verfügung gestellten Emissionsdaten der 5 im Einzugsgebiet befindlichen Kläranlagen als Anhaltspunkt für Gesamt-Stickstoff herangezogen.

In Bezug auf Phosphor muss darauf hingewiesen werden, dass bei der Bilanzierung Sedimentations- und Resuspensionsvorgänge nicht berücksichtigt werden können. Der Anteil des bei Mischwasserentlastungen eingetragenen partikelgebundenem Phosphor beträgt in den betrachteten Datensätzen jeweils weniger als 20% und wird daher ebenfalls als vernachlässigbar erachtet (vgl. Tabelle 2.3.2-1).

⁶ Median der jeweiligen Abfluss-Messreihe des betreffenden Standortes über den gemeinsamen Messzeitraum

⁷ Der Grundwasseranteil wurde nur für Gesamt-Stickstoff angenommen, da die Konzentrationen von Gesamt-Phosphor (in Form von ortho-Phosphat) im Grundwasser im Einzugsgebiet III-Theel vernachlässigbar sind.

Somit ergibt sich die in Tabelle 2.3.2-1 dargestellte Zuordnung der Nährstoff-Frachten zu den einzelnen Kategorien. Der Anteil der in der Tabelle genannten Frachten wurde dann jeweils auf Gesamt-Stickstoff und Gesamt-Phosphor bezogen.

Tabelle 2.3.2-1: Theoretische Unterteilung der Nährstoff-Frachten in die einzelnen Kategorien (Anteile aus Kläranlagen, Mischwasserentlastung, Landwirtschaft und Grundwasser)

Kategorie	Landwirtschaft	Kläranlagen	Mischwasserentlastungen	Grundwasser
Gesamt-Stickstoff	„Regen“-Fracht Nitrat (hier ergibt sich durch den Zeitversatz zwischen Konzentrations- und Abfluss-Kurven eine gewisse Ungenauigkeit)	<i>wird mit Hilfe der Daten der Kläranlagen-abläufe abgeschätzt</i>	„Regen“-Fracht Ammonium	Grundfracht Nitrat <i>abzüglich der Anteile der Kläranlagen-emissionen</i>
Gesamt-Phosphor	„Regen“-Fracht partikelgeb. Phosphor (die geringen Mengen an partikelgebundenem Phosphor werden vernachlässigt; siehe „Mischwasserentlastung“)	Grundfracht Gesamt-Phosphat	„Regen“-Fracht ortho-Phosphat (die geringen Mengen an partikelgebundenem Phosphor werden vernachlässigt; siehe „Landwirtschaft“)	Nicht relevant im EZG Ill-Theel

2.3.3 Auswahl der Messzeiträume zum Vergleich der Standorte untereinander und der unterschiedlichen Messkampagnen

Im vorliegenden Bericht werden die Messdaten dreier Standorte und dreier Messkampagnen je nach Verfügbarkeit einander gegenübergestellt. Im Zuge der Datenauswertung war es daher ein entscheidender Aspekt, den für die jeweilige Fragestellung optimalen Messzeitraum zu wählen.

Die in den verschiedenen Kapiteln dargestellten Konzentrationskenngrößen (Mittelwerte, Mediane, Minima, Maxima) und Gesamtfrachten desselben Standortes weisen daher Abweichungen voneinander auf.

Beschreibung der Beobachtungen an den drei Standorten an Alsbach, Ill und Theel in Kapitel 3.1, 3.2, 3.3 und Vergleich der Daten in Kapitel 3.4

Der erste Teil des Berichtes (Kapitel 3) beschäftigt sich ausschließlich mit der Messperiode 2018/2019.

Die in den Kapiteln 3.1, 3.2 und 3.3 anhand von Konzentrationen und Frachten dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf den gesamten Messzeitraum am jeweiligen Standort, um die dort gemachten Beobachtungen so umfassend wie möglich zu beschreiben.

Kapitel 3.4 beinhaltet den Vergleich des chemischen Zustands der drei Gewässer Alsbach, Ill und Theel. zudem wird beschrieben, welche Art von Belastungen in den verschiedenen Teileinzugsgebieten vorherrscht und welche Mengen an Substanzen dort transportiert werden. Für diesen

Vergleich der Standorte miteinander kann daher ausschließlich derjenige Zeitraum herangezogen werden, in dem an allen drei Standorten in *Marpingen*, in *Eppelborn* und an der *Knorscheider Mühle* parallel online Messungen stattfanden. Dieser Zeitraum erstreckt sich über 10 Monate (vom 1. Juli 2018 bis zum 19. März 2019).

Vergleich der unterschiedlichen Messkampagnen 2007/2007, 2010/2011 und 2018/2019 an Ill und Theel in Kapitel 4.1 und 4.2

Als eines der wesentlichen Ziele des vorliegenden Berichtes soll eine Aussage getroffen werden, inwiefern sich der chemische Zustand der Ill und der Theel in den vergangenen Jahren verändert hat. Dazu werden im Kapitel 4 die während der Messkampagne 2018/2019 gemachten Beobachtungen den Daten aus den Messzeiträumen 2010/2011 (Ill, Kapitel 4.1) bzw. 2006/2007 und 2010/2011 (Theel, Kapitel 4.2) gegenübergestellt. Prinzipiell sollte dabei jeweils der Zeitraum eines Jahres betrachtet werden, wobei jedes Datum (egal aus welchem Jahr) einmal erscheinen muss, um keinen Monat, also keine Saison, über- bzw. unterdurchschnittlich abzubilden.

Aufgrund der extremen Wetterbedingungen im Jahr 2018, welche sich in vielerlei Hinsicht direkt und indirekt auf die Gewässer auswirkten, konnte insbesondere für die Daten aus dem Sommer und Herbst 2018 nicht von einer repräsentativen, vergleichbaren Situation ausgegangen werden. Daher wurde die Messkampagne fortgesetzt.

Somit stellte sich für die verlängerte Messkampagne 2018/2019 die Frage, welche 365 Tage sich am besten für den Vergleich mit den vorherigen Messkampagnen eignen. Für die Messdaten aus den Jahren 2018 und 2019 wurden daher für Theel und Ill die Wetterbedingungen und Abflüsse verschiedener Zeitabschnitte betrachtet⁸ und jeweils derjenige Zeitabschnitt ausgewählt, der sich – hinsichtlich Niederschlag und Abfluss - am wenigsten von denen der vorherigen Messkampagnen unterscheidet. Diese Datensätze werden für die Ill in Kapitel 4.1.1 und für die Theel in Kapitel 4.2.1 näher erläutert⁹ und auch für die Gegenüberstellung mit den Ergebnissen anderer Studien im Einzugsgebiet Ill-Theel (vgl. Kapitel 5) herangezogen

Die ausgewählten Zeiträume finden sich, ebenso wie die in den anderen Kapiteln betrachteten Messzeiträume, in Tabelle 2.3.3-1.

⁸ Dabei handelt es sich jeweils um einen zusammenhängenden Datensatz (DS 1), welcher die extrem trockenen und heißen Sommer- und Herbstmonate des Jahres 2018 beinhaltet, und einen „gesplitteten“ Datensatz (DS 2), in dem die Monate mit extremen Wetterbedingungen so weit wie möglich durch die Daten aus dem Jahr 2019 ersetzt wurden (Kapitel 4.1 und 4.2).

⁹ Damit die drei Messzeiträume an der Theel im Hinblick auf die Jahreszeiten in den Abb.en mit zeitlichem Verlauf direkt vergleichbar sind, wurde der Datensatz der Messkampagne 2006/2007 für diese Darstellungen in sich verschoben und vom 01. April 2007 bis 21. Juli 2007 und vom 23. Juli 2006 bis 31. März 2007 dargestellt.

Tabelle 2.3.3-1: Übersicht über die Kapitel und die darin betrachteten Zeiträume aus den jeweiligen Messkampagnen 2010/2011, 2018/2019 und 2010/2011

Kampagne	Kapitel	Gewässer	gemessen	betrachtet
2018/2019	3.1	Alsbach	05.04.2018 - 19.03.2019	05.04.2018 - 19.03.2019
	3.2	Ill	01.07.2018 - 30.10.2019	01.07.2018 - 30.10.2019
	3.3	Theel	04.04.2018 - 08.10.2019	04.04.2018 - 08.10.2019
	3.4	Alsbach, Ill, Theel	s.o.	01.07.2018 - 19.03.2019
2010/2011	4.1	Ill	26.03.2010 - 31.03.2011	26.03.2010 - 25.03.2011
2018/2019			01.07.2018 - 30.10.2019	01.07.2018 - 30.06.2019 (DS1)
2006/2007	4.2	Theel	22.07.2006 - 30.09.2007	22.07.2006 - 21.07.2007
2010/2011			01.04.2010 - 31.03.2011	01.04.2010 - 31.03.2011
2018/2019			09.04.2018 - 8.10.2019	09.04.2018 - 08.04.2019 (DS1)
Vergleich mit anderen Studien	5	Ill, Theel	Ill analog Kapitel 4.1; Theel analog Kapitel 4.2	

2.3.4 Vergleich der Messzeiträume mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse (PCA)

Um die Konzentrationsdaten der beiden Messkampagnen an der Ill und der drei Messkampagnen an der Theel weitergehend zu vergleichen zu können, wurde zudem die Methode der sogenannten Hauptkomponentenanalyse (engl.: Principal Component Analysis; PCA) angewandt. Die PCA gehört zu den multivariaten statistischen Verfahren, welche es ermöglichen, hochdimensionale Datensätze, wie sie hier vorliegen, zu strukturieren, zu vereinfachen und dadurch graphisch übersichtlicher darzustellen, indem die Vielzahl statistischer Variablen innerhalb des Datensatzes durch eine geringere Zahl möglichst aussagekräftiger Linearkombinationen (Hauptkomponenten) abgebildet werden. So können viele Daten auf wenige statistisch abgesicherte „Informationen“ reduziert werden.

Diese Methode soll zukünftig weiter verfeinert und für die Daten der Messstationen quasi standardisiert werden, um ein objektives Element für die Bewertung der Effektivität von Maßnahmen, die bereits im Einzugsgebiet eines Gewässers durchgeführt werden, zu erhalten.

2.3.5 Ermittlung langfristiger Trends auf Grundlage der Messdaten der Überwachungsbehörde

Um langfristige, statistisch abgesicherte Aussagen über die Entwicklung ausgewählter Substanzen an Ill und Theel treffen zu können, wurden darüber hinaus Trendermittlungen durchgeführt. Diese erfolgten auf Basis der Daten, die durch die Behörde (LUA), in den Jahren 1995 bis 2018 an den Überwachungsmessstellen an der Ill in *Bubach-Calmesweiler* (Landes-Messstelle 1498) und der Theel in *Knorscheid* (Landes-Messstelle 124) monatlich erhoben wurden¹⁰. Die Trendermittlung erfolgte analog der in der OGeV [6] festgelegten Methode, die allerdings gemäß OGeV für Biota, Sedimente und Schwebstoffen durchzuführen ist. Ebenso wurden die Nitrat-Daten der im Einzugsgebiet vorhandenen Grundwasser-Messstellen bearbeitet. Bei diesen Daten handelt es sich um die von 2006 bis 2019 durch das LUA jährlich erhobenen Messwerte an den Messstellen 1085, 1086, 1087, 1088, 1089, Sf479 und 1628 (Abb. 8-21 im Anhang)

Als Grundlage für die Berechnung dient dabei jeweils das fünfzigste Perzentil der Messwerte eines Jahres (Median), wobei Werte aus mindestens fünf Jahren¹¹ erforderlich sind, für das Grundwasser lag meist nur ein Wert pro Jahr vor. Diese Daten sind zunächst auf Normalverteilung¹² zu prüfen. Sind sie normalverteilt, kann der Trend mit Hilfe der linearen Regression bestimmt werden, sind die Werte nicht normalverteilt, dann wird der Trend anhand des Mann-Kendall-Trendtests ermittelt. Das Signifikanzniveau beträgt in beiden Fällen $\alpha = 0,05$ (statistische Wahrscheinlichkeit 95 %).

Die Ergebnisse dieser Trendermittlungen sind in den Kapiteln 4.1.4 und 4.2.4 sowie, für das Grundwasser, in Kapitel 4.3, beschrieben.

¹⁰ Für Cadmium und Quecksilber wurde keine Trendermittlung durchgeführt, da alle Messwerte unter der jeweiligen Nachweisgrenze lagen.

¹¹ Da im Zeitraum 2006 bis 2018 für keine andere Messstelle im Einzugsgebiet Messwerte aus fünf Jahren vorliegen, können nur die beiden genannten Messstellen für die Trendbetrachtung herangezogen werden.

¹² Dafür wurde der Shapiro-Wilk-Test angewandt, welcher sich gut für kleine Stichproben eignet.

3 Ergebnisse der aktuellen Messungen

In den folgenden Kapiteln werden einige signifikante Beobachtungen beschrieben, die während des Sommerhalbjahres 2018 mit Hilfe der mobilen Messstationen an der Theel in *Lebach-Knorscheid* (*Knorscheider Mühle*), an der Ill in *Eppelborn* und am Alsbach in *Marpingen* gewonnen werden konnten.

Den Abb. 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.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die Ergebnisse der Beobachtungen jedes Gewässers in einem eigenen Kapitel beschrieben. Diese drei Kapitel sind wiederum in die Unterkapitel „Nährstoffe“, „chemisch-physikalische Messgrößen“, „tabellarische Übersicht“ sowie „Frachten“ untergliedert, wobei die Unterkapitel die Ergebnisse jedoch keineswegs losgelöst voneinander, sondern immer auch im Hinblick auf die Veränderungen der übrigen, gleichzeitig erhobenen Messgrößen und Abflusssituationen, Niederschläge etc. (s.o.) beschreiben. Für die Standorte an Theel und Ill wird zudem bereits ein Vergleich mit den während der entsprechenden Monate der vorherigen Messkampagnen erhobenen Werten angestellt.

Die tabellarische Übersicht enthält jeweils einen Vergleich der Messergebnisse mit den Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potential.

3.1 Alsbach in Marpingen

3.1.1 Nährstoffe

Während der zahlreichen und ausgeprägten Trockenwetterphasen im Sommerhalbjahr 2018 konnten im Alsbach in *Marpingen* nur sehr geringe Konzentrationen an Nährstoffen gemessen werden.

Bereits im Frühjahr zeigten sich Tagesschwankungen im Wasserstand. Dabei erreicht die Wassermenge am frühen Morgen die maximalen Werte, so dass diese Veränderung durch die Verdunstung des Wassers im Gewässer selbst sowie durch Wasseraufnahme durch die Pflanzen im Uferbereich bedingt sein kann. Diese Tagesschwankungen der Wassermenge wirken sich auch auf die Konzentrationen von Nährstoffen aus. Durch den Rückgang der Wassermenge werden die Nährstoffe weniger verdünnt, so dass die Konzentrationen ansteigen. Dies zeigt sich besonders deutlich bei Nitrat, welches im April noch vergleichsweise hohe Grundgehalte aufweist (Abb. 3.1.1-1). Die TOC-Kurve zeigt zwar die gleichen tageszeitlichen Schwankungen wie Nitrat, Änderungen der Kohlenstoff-Gehalte mit nächtlichen Maxima wurden bereits an zahlreichen Standorten beobachtet. Diese sind auch in der Literatur beschrieben, es ist demzufolge, dass durch die Photosynthese tagsüber mehr TOC, dabei vor allem der Anteil des gelösten DOC (Dissolved Organic Carbon, gelöster organischer Kohlenstoff), verbraucht wird. Zudem wird vermutet, dass durch Phototransformation das sog. DOM (Dissolved Organic Matter, gelöstes organisches Material) in besser verfügbare Formen überführt wird und somit schneller assimiliert werden kann. Eine weitere Vermutung ist, dass durch die nächtliche Fraß-Aktivität verschiedener Tierarten sedimentiertes Material aufgewirbelt wird, welches zum Anstieg der TOC-Gehalte im Wasser führt und welches bei Tageslicht wieder auf den Gewässerboden zurücksinkt. Eine abschließende Erklärung findet sich in der Literatur bisher noch nicht.

Der Anstieg der TOC-Konzentrationen über das Frühjahr weist generell auf die Zunahme von Biomasse durch die Entwicklung von Algen während dieser Zeit hin, denn ein Teil des Phytoplanktons wird bei der Analyse des TOC miterfasst. Generell bewegen sich die Nährstoff-Gehalte am Alsbach in *Marpingen* auf einem sehr geringen Basis-Niveau, die Konzentrationen von ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor, die in vielen anderen Gewässern im Mittel so gut wie nie die Grenzwerte erfüllen, liegen hier fast immer deutlich unter den Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial gemäß Anlage 7 (2.1.2) der OGewV [6].

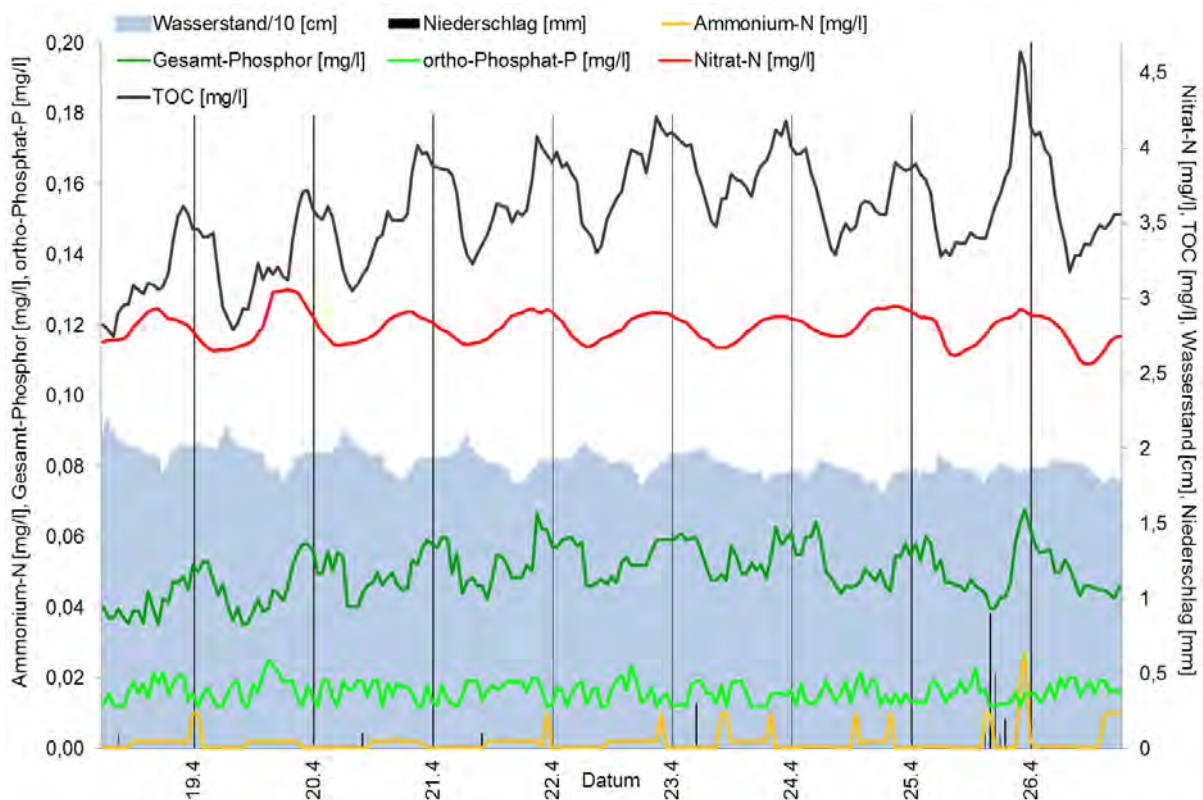


Abb. 3.1.1-1: Konzentrationen von Ammonium, Nitrat, TOC, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat sowie Abfluss bei Trockenwetter (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) im Frühjahr (14. Bis 26. April 2018)

Im Laufe des Sommers nehmen die Konzentrationen von Nitrat weiter ab und erreichen Werte von unter 1 mg/l Nitrat-N (Abb. 3.1.1-2, vgl. auch Abb. 3.1.1-5). Tagesschwankungen treten nicht mehr auf. Die Phosphor-Gehalte sind hingegen aufgrund der geringeren Wassermenge und des daraus resultierenden reduzierten Verdünnungsfaktors etwas höher als im Frühjahr. Während des gesamten Messzeitraumes wurden vereinzelt leichte Ammonium-Spitzen verzeichnet (Abb. am 17.09.). Woher diese Belastungen rühren, ist unklar. Da diese zeitlich dezidierten Spitzen zu Trockenzeiten auftreten und es im Oberlauf des Alsbaches keine kommunale Kläranlage gibt, könnten diese durch Einträge durch Fehlan schlüsse oder Defekte im Kanalnetz hervorgerufen werden. Ob diese Einträge mit den häufig auftretenden tageszeitlichen Schwankungen der Wassermenge zusammenhängen, konnte nicht festgestellt werden, da die Ammonium-Konzentrationen in der Regel sehr gering sind und derartige Spitzen nur vereinzelt aufgezeichnet werden konnten

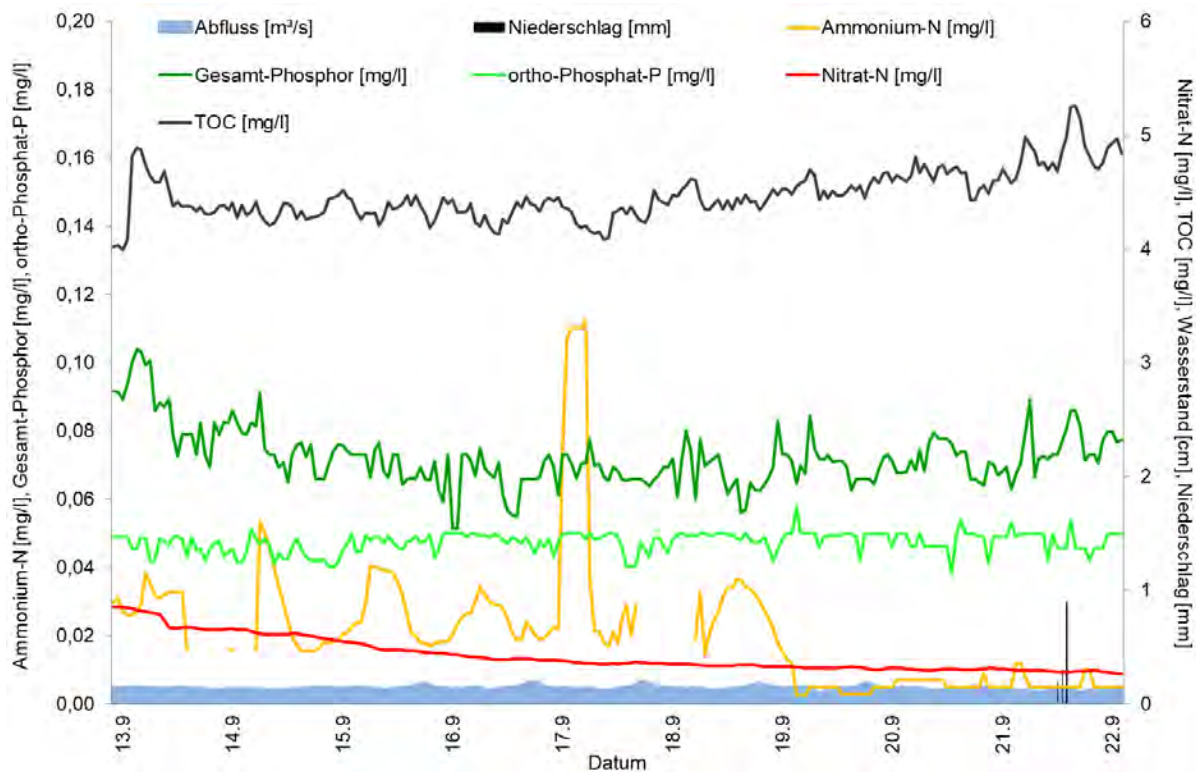


Abb. 3.1.1-2: Konzentrationen von Ammonium, Nitrat, TOC, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat sowie Wasserstand bei Trockenwetter (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) im Sommer (13. bis 22. September 2018)

Wie an den meisten Fließgewässern konnten auch am Alsbach bei Regen Einträge aus Mischwasserentlastungsanlagen beobachtet werden. Dabei werden große Mengen an Ammonium, TOC sowie Phosphor, hauptsächlich in Form von gelöstem ortho-Phosphat, in das Gewässer gespült. In Abb. 3.1.1-3 sind mehrere solcher Ereignisse unterschiedlicher Ausprägung dargestellt. Die Konzentrationsmaxima an Ammonium erreichten bei derartigen Ereignissen gelegentlich die Messbereichsobergrenze von 2 mg/l Ammonium-N. Die TOC-Werte stiegen im Maximum auf nahezu 24 mg/l, die Werte für ortho-Phosphat-P auf über 1 mg/l an. Eine Veränderung des Abflusses ist dabei jedoch kaum zu beobachten, es kann also davon ausgegangen werden, dass bereits geringe Mengen an Regenfällen Abschlüge von Mischwasserentlastungsbauwerken zur Folge haben.

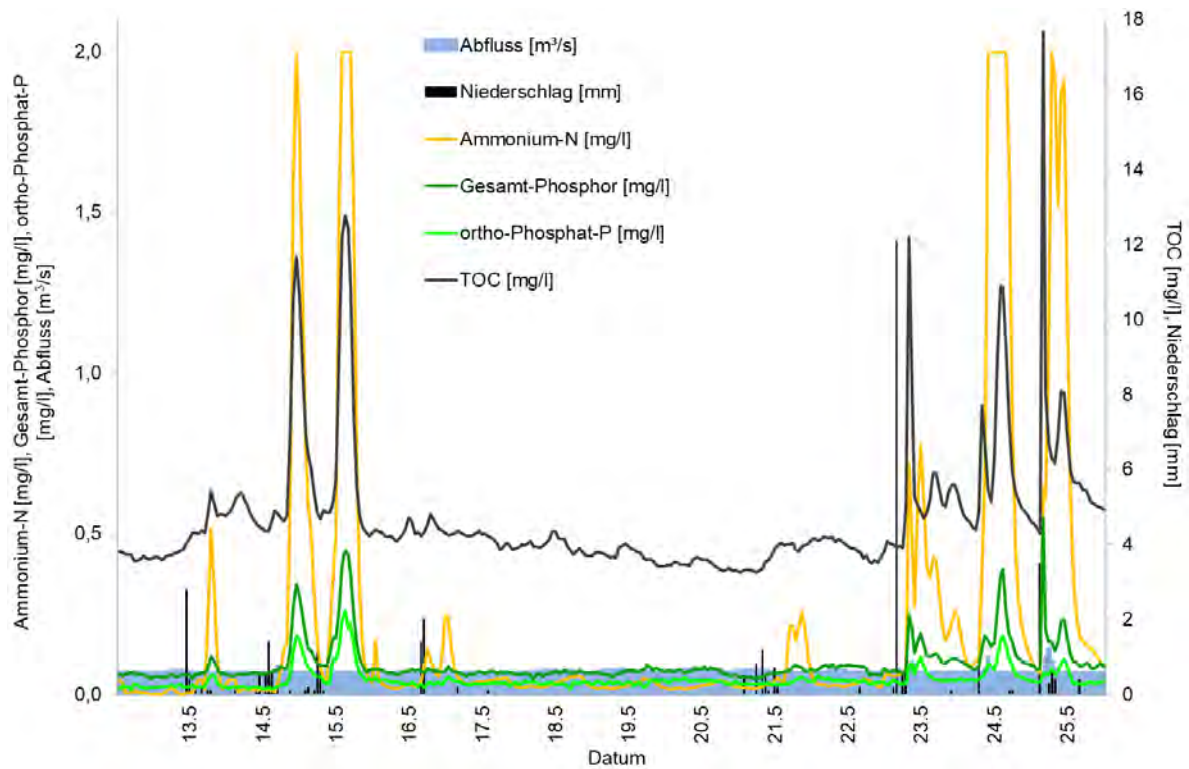


Abb. 3.1.1-3: Konzentrationsanstiege von Ammonium, Nitrat, TOC, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat durch Einträge nach Regenwetter sowie Abfluss (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) (12. bis 25. Mai 2018)

Während des Messzeitraumes vom 5. März 2018 bis 19. März 2019 konnten insgesamt etwa 35 solcher Ereignisse unterschiedlicher Intensität beobachtet werden.

Darüber hinaus zeigten sich auch Einträge, die aus diffusen Quellen stammen. Dabei handelt es sich einerseits um Stoffe, die an Partikel gebunden sind und durch Oberflächenabfluss (Erosion) in das Gewässer gespült werden. Diese Einträge wirken sich zum einen in der Zunahme der Trübung aus. Zudem kann es dabei auch zu einem Anstieg der Konzentrationen an organischem Kohlenstoff und an Partikel gebundenem Phosphor kommen, welcher sich aus der Differenz von Gesamt-Phosphor und gelöstem ortho-Phosphat ergibt. So schreibt [3]: „Im Boden liegt Phosphor hauptsächlich als Orthophosphat (PO_4) vor. PO_4 wird sehr stark an Tonminerale und Humuskomplexe gebunden. Der Stofftransport erfolgt vorwiegend Partikel gebunden (BLUME, 2010; BORK ET AL., 1998; JÜRGING & PATT, 2005). Die vertikale Verlagerung von PO_4 ist daher vernachlässigbar gering“. In Abb. 3.1.1-4 sind 5 solcher Ereignisse mit unterschiedlicher Ausprägung zu sehen. Trübung, TOC und der an Partikel gebundene Phosphor steigen dabei jeweils (in unterschiedlichen Verhältnissen) parallel an. Einträge von Ammonium finden hingegen nicht statt, da eventuell in natürlichen Düngern ausgebrachtes Ammonium an der Luft sehr schnell zu Nitrat oxidiert wird.

Im Zuge der oben beschriebenen Ereignisse sind auch Einträge von Nitrat zu erkennen, welche ebenfalls aus diffusen Quellen herrühren. Das Nitrat wird allerdings über den Zwischenabfluss (Interflow) in das Gewässer transportiert¹³. Dabei gehen die Konzentrationen während des Abflussereignisses zunächst zurück, der eigentliche Nitrat-Eintrag erfolgt dann mit einem gewissen Zeitversatz zu den oberflächlich eingetragenen Substanzen. Sowohl Phosphor als auch Nitrat stammen

¹³ Das leicht lösliche Nitrat wird durch die Regenfälle zunächst durch den Boden transportiert und gelangt dann lateral über den Zwischenabfluss in das Gewässer, wodurch sich der beschriebene Zeitversatz ergibt.

aus der Düngung landwirtschaftlicher Flächen und werden durch die Regenfälle mobilisiert. Die Schärfe der Konzentrationsspitzen lässt im Falle des ersten Doppel-Ereignisses (31. Mai) darauf schließen, dass die Einträge in der Nähe der Messstelle erfolgt sind. Während des zweiten Ereignisses am 1. Juni deutet vor allem der langsame Rückgang von Nitrat darauf hin, dass die Belastungen aus weiter entfernten Flächen ausgewaschen wurden.

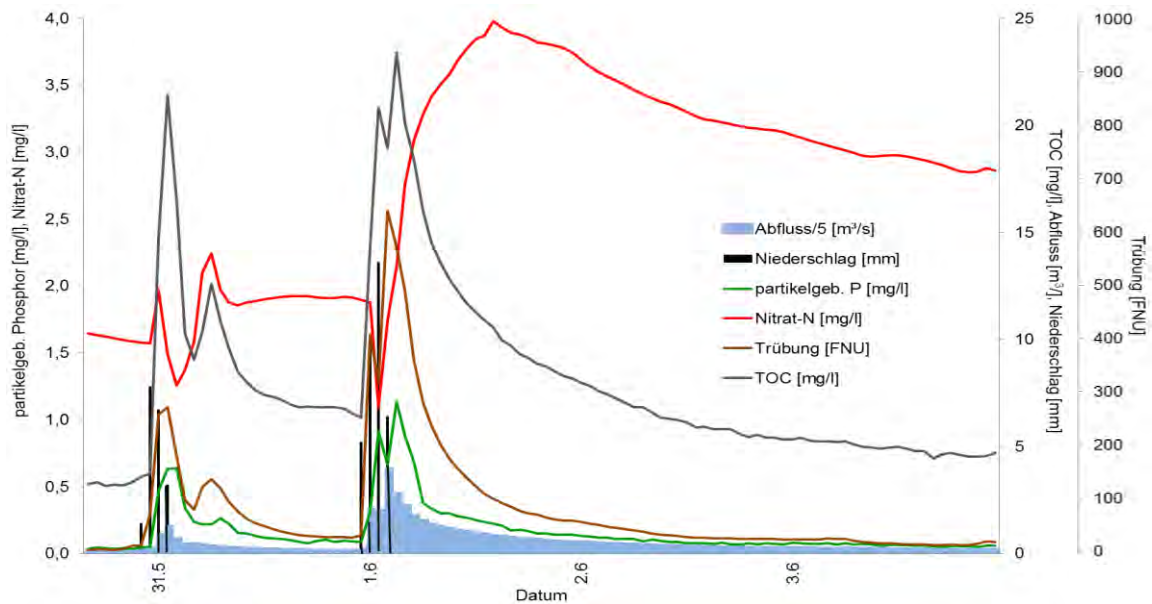


Abb. 3.1.1-4: Anstieg der Trübung sowie der Konzentrationen von Partikel gebundenem Phosphor und TOC durch Oberflächenabfluss und von Nitrat über Zwischenabfluss, Abfluss (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) (30. Mai bis 4. Juni 2018)

In Abb. 3.1.1-5 ist zu erkennen, wie sehr die Nitrat-Gehalte nach jedem Regenereignis kurzfristig ansteigen und danach wieder abklingen. Während des Sommers nimmt der Grundgehalt an Nitrat insgesamt stark ab, die Konzentrationen erreichten so zeitweise Werte unter 1 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$.

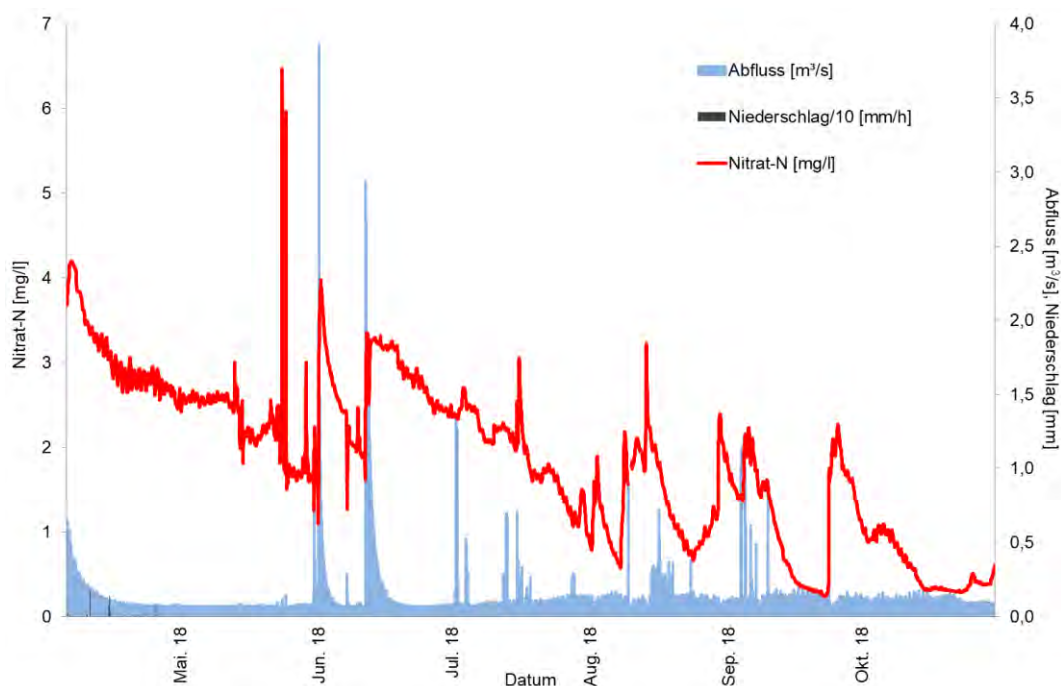


Abb. 3.1.1-5: Abnehmender Grundgehalt an Nitrat sowie Abfluss (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) (4. April bis 30. Oktober 2018)

Anfang Dezember kommt es durch starke Regenfälle zu Auswaschungen von sehr großen Mengen an Nitrat. (Abb. 3.1.1-6). Die Konzentrationen steigen in Folge dessen von Werten um 1,3 mg/l fast sprunghaft auf über 7,5 mg/l an. Nach einem leichten Rückgang der Gehalte bewegen sich diese während der nächsten 2 Monate um etwa 6 mg/l¹⁴. Deutlich zu erkennen sind während dieses Zeitraumes auch die Einträge über Zwischenabfluss, welche im Nachgang zu den Abflussspitzen immer wieder zu einer Erhöhung der Nitrat-Gehalte führen.

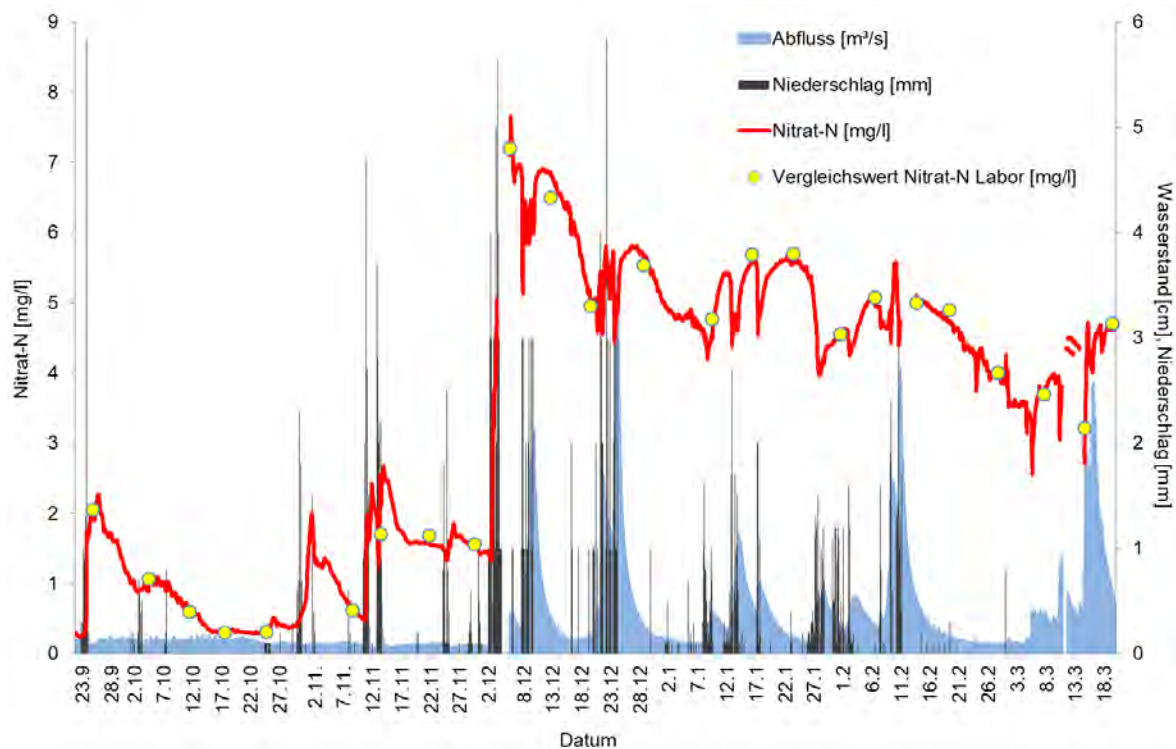


Abb. 3.1.1-6: Nitrat-Konzentrationen und Abfluss (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) sowie Nitrat-Werte der Kontrollmessungen (23. September 2018 bis 18. März 2019)

In Abb. 3.1.1-7 sind wiederum die in Abb. 3.1.1-4 besprochenen Ereignisse von Einträgen aus diffusen Quellen dargestellt. Neben dem Anstieg der Phosphor- und TOC-Gehalte tritt dabei gelegentlich auch eine Zunahme der Ammoniumgehalte auf. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Belastungen aus kommunalen Abwässern (Mischwasserentlastung o.ä.) stammen, da der Anteil an ortho-Phosphat, der im Abwasser sehr hoch ist, bei beiden Ereignissen sehr gering ausfällt. Eventuell wurde hierbei Bodenwasser aus anaeroben Bodenzonen eingespült, in welchen Nitrat zu Ammonium reduziert wird und als solches in das Gewässer gelangen kann.

Darüber hinaus sind in der Abb. 3.1.1-5 am 3. und 4. Juni wiederum Konzentrationsspitzen von Ammonium zu sehen, die, wie bereits bei Abb. 3.1.1-2 erläutert, nicht in Zusammenhang mit Regenfällen gebracht werden können.

¹⁴ Der Mittelwert im Zeitraum vom 8. Dezember bis 12 Februar beträgt 6,06 mg/l Nitrat-N

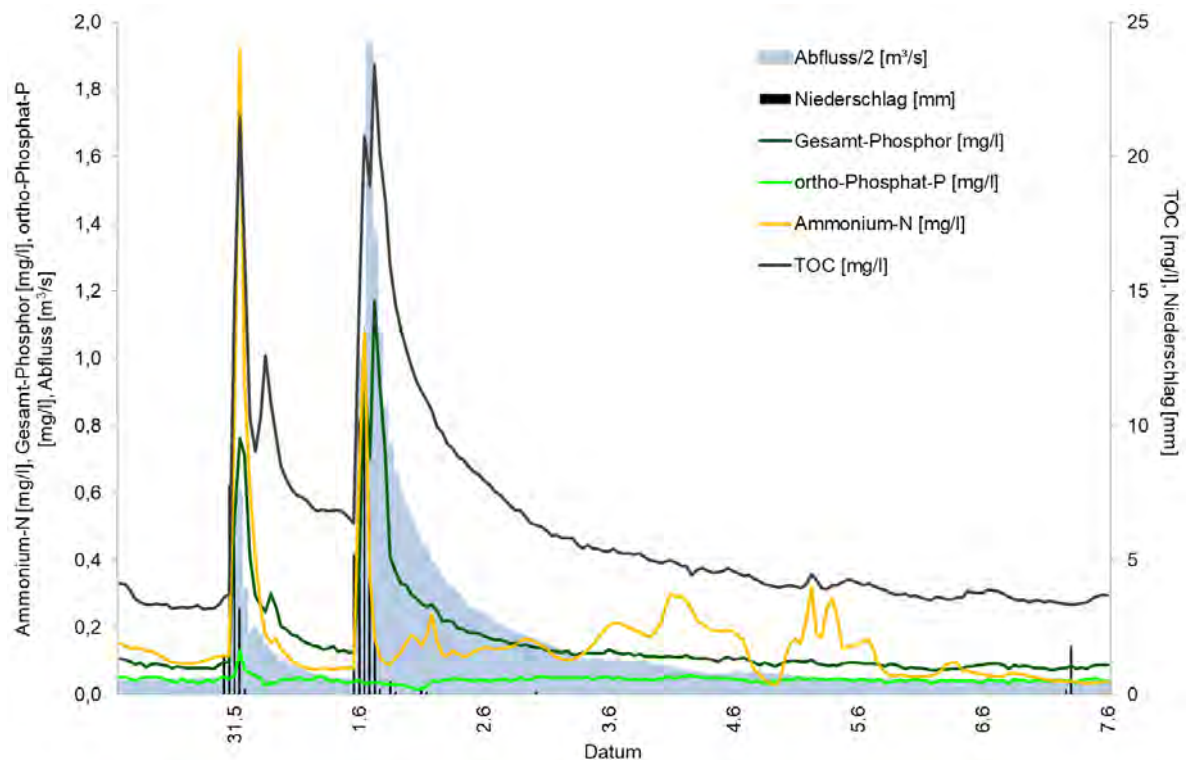


Abb. 3.1.1-7: Konzentrationen von Ammonium, TOC, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat sowie Abfluss (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) (30. Mai bis 7. Juni 2018)

Die gelegentlich auftretenden Ammonium-Konzentrationen führen zur Bildung von Ammoniak (nicht ionisiertes Ammonium). Zwischen Ammonium und dem fischtoxischen Ammoniak besteht ein Gleichgewicht, welches von den Wassertemperaturen und den pH-Werten abhängig ist. Je höher die Wassertemperaturen und die pH-Werte sind, desto mehr verschiebt sich dieses Gleichgewicht in Richtung Ammoniak. Die Ammoniak-Gehalte werden rein rechnerisch aus der jeweiligen Ammonium-Konzentration, der Wassertemperatur sowie dem pH-Wert ermittelt. Aufgrund seiner hohen Toxizität gegenüber Fischen gelten für Ammoniak strenge Grenzwerte. Für den Fließgewässertyp 6 wird dieser Grenzwert mit $2 \mu\text{g/l}$ Ammoniak-Stickstoff angegeben (vgl. Kapitel 2.3.1) (Abb. 3.1.1-8). Problematisch ist dies besonders im Frühjahr bzw. im Sommer, wenn tagsüber die pH-Werte aufgrund der erhöhten Photosyntheserate im Wasser stark ansteigen (vgl. auch Abb. 3.1.2-4). Während des beschriebenen Messzeitraumes lagen die Ammoniak-Konzentrationen in *Marpingen* insgesamt 304 Stunden lang über dem Grenzwert, insgesamt wurde ein Maximum von $21,8 \mu\text{g/l}$ berechnet.

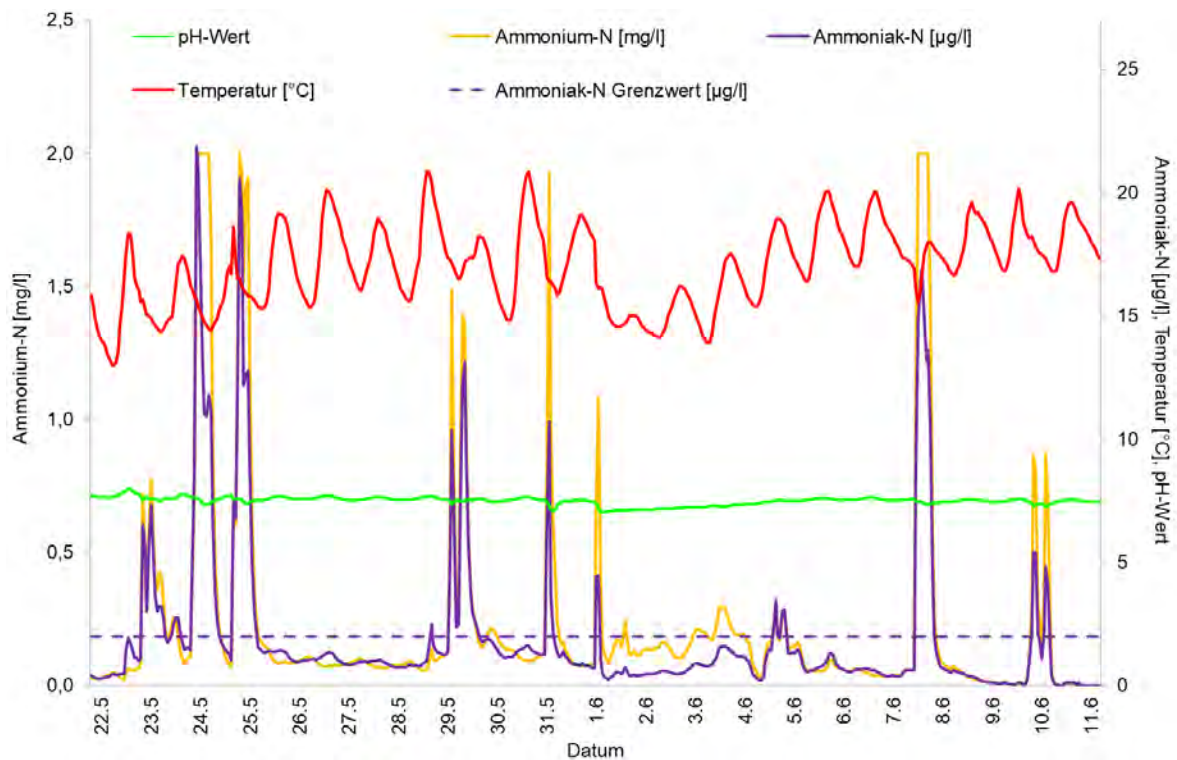


Abb. 3.1.1-8: Gehalte von Ammoniak in Abhängigkeit von Ammonium, pH-Wert und Temperatur (Station *Marpingen*) (Wetterstation *Sotzweiler*) (22. Mai bis 11. Juni 2018)

3.1.2 Chemisch-physikalische Messgrößen und Trübung

Das gesamte Sommerhalbjahr 2018 war gekennzeichnet durch sehr hohe Lufttemperaturen und sehr geringe Niederschlagsmengen. Die Hitze- und Trockenphasen hielten dabei ungewöhnlich lange an, was in allen Gewässern zu Niedrigwassersituationen führte und sich wiederum auf das Temperaturregime und den Sauerstoff-Gehalt im Wasser auswirkte.

Im Falle des Alsbachs ist in diesem Zusammenhang die Ausprägung der Tagesamplituden im Sauerstoff-Gang besonders auffällig. Die Sauerstoff-Gehalte im Fließgewässer werden einerseits durch die physikalische Löslichkeit von Sauerstoff im Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur beeinflusst. Zudem gelangt vor allem im Frühjahr und im Sommer durch Photosynthese der Algen und Makrophyten tagsüber Sauerstoff ins Wasser. Am Messstandort in *Marpingen* zeigten die Tagesschwankungen des Sauerstoffs extrem große Amplituden mit zum Teil sehr ausgeprägten Phasen der Übersättigung am Tag und starken Sauerstoff-Defiziten in der Nacht. Die Konzentrationen verlaufen dabei parallel zur Temperatur, d.h., das Sauerstoff-Regime ist an dieser Messstelle fast ausschließlich von der Photosyntheserate gesteuert. Diese extremen Schwankungen ließen sich während der Frühjahrs- und Sommermonate beobachten (Abb. 3.1.2-1) und führen von Anfang Juli bis Ende September zu immer wiederkehrenden, z.T. gravierenden Unterschreitungen der Anforderung von 8 mg/l Sauerstoff gemäß OGWV. Im Oktober liegen die Sauerstoff-Gehalte dann fast durchgehend unter 8 mg/l. Ursache hierfür könnte das Absterben der einjährigen Wasserpflanzen und Algen sein, welches zu einem erhöhten Aufkommen von Detritus führt, welcher unter Verbrauch von Sauerstoff im Gewässer umgesetzt wird.

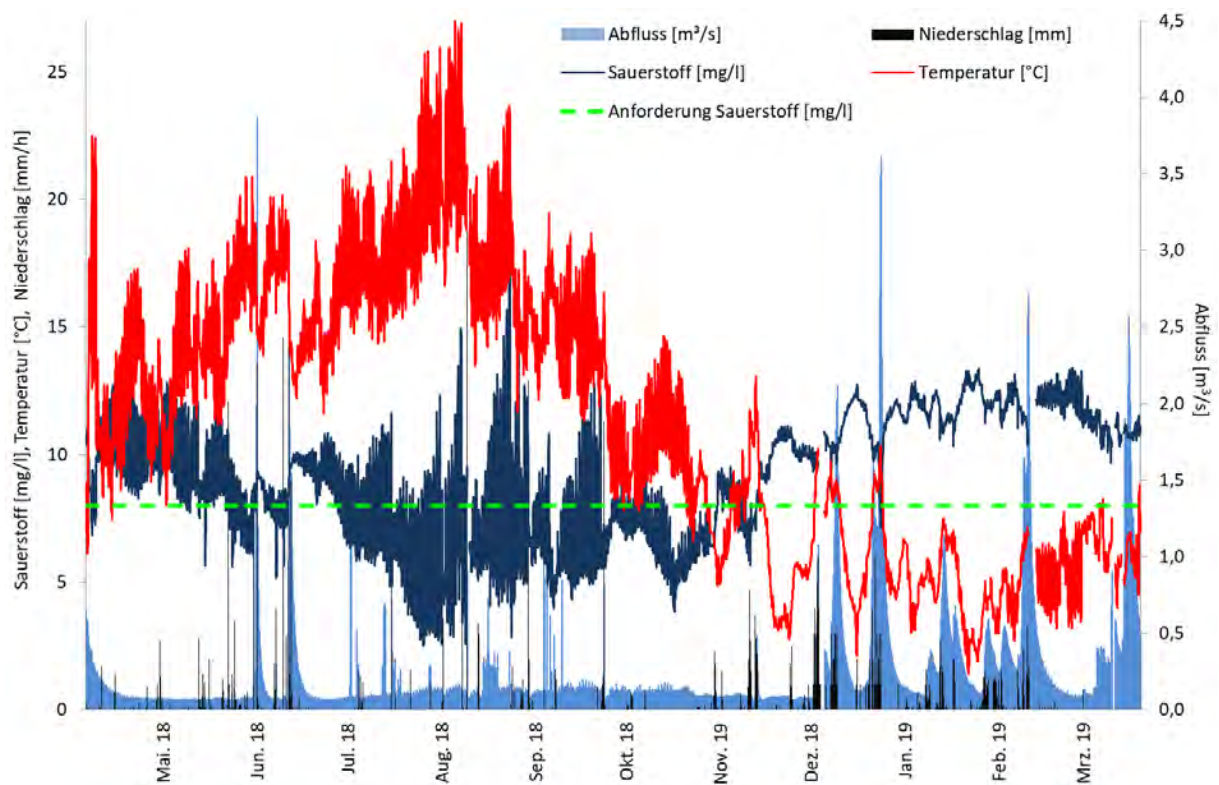


Abb. 3.1.2-1: Verlauf der Temperaturen und der Sauerstoffkonzentrationen und Anforderung für Sauerstoff gemäß OGewV sowie Abfluss (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) während des gesamten Messzeitraumes

Um die Bedeutung der Photosynthese im Gewässer besser darzustellen, sind in Abb. 3.1.2-2 die Verlaufskurven des Sauerstoffes dreier Tage in Abhängigkeit zur Temperatur im Vergleich zur theoretischen Sättigung des Wassers mit Sauerstoff bei Normaldruck aufgetragen. Im Maximum erreichen die Sauerstoff-Werte dabei fast 20 mg/l, was bei diesen Temperaturen einer Sättigung von über 240% entspricht¹⁵. Die Konzentrationsspitzen werden gegen 15 Uhr erreicht. Während der Nacht hingegen veratmen auch die Pflanzen Sauerstoff (Dunkelreaktion), diese Zehrung führt zu erheblichen Sauerstoff-Defiziten und zu Minimalwerten von annähernd 4 mg/l. Bei Temperaturen von 18,5°C kommt dies einer Sättigung von weniger als 50% gleich.

Diese extremen Schwankungen sind einerseits auf die außergewöhnlichen Wetterbedingungen im Sommer 2018 zurückzuführen. Andererseits weist der Alsbach in *Marpingen* sehr geringe Fließgeschwindigkeiten auf, so dass sich viel Phytobenthos an diesem Standort ausbilden kann. Nichtsdestoweniger sind die Tagesschwankungen auch auf eine verstärkte Eutrophierung des Gewässers zurückzuführen.

¹⁵ Unter Normaldruck sind bei einer Sauerstoff-Sättigung von 100% bei dieser Temperatur 8,5 mg/l Sauerstoff im Wasser enthalten.

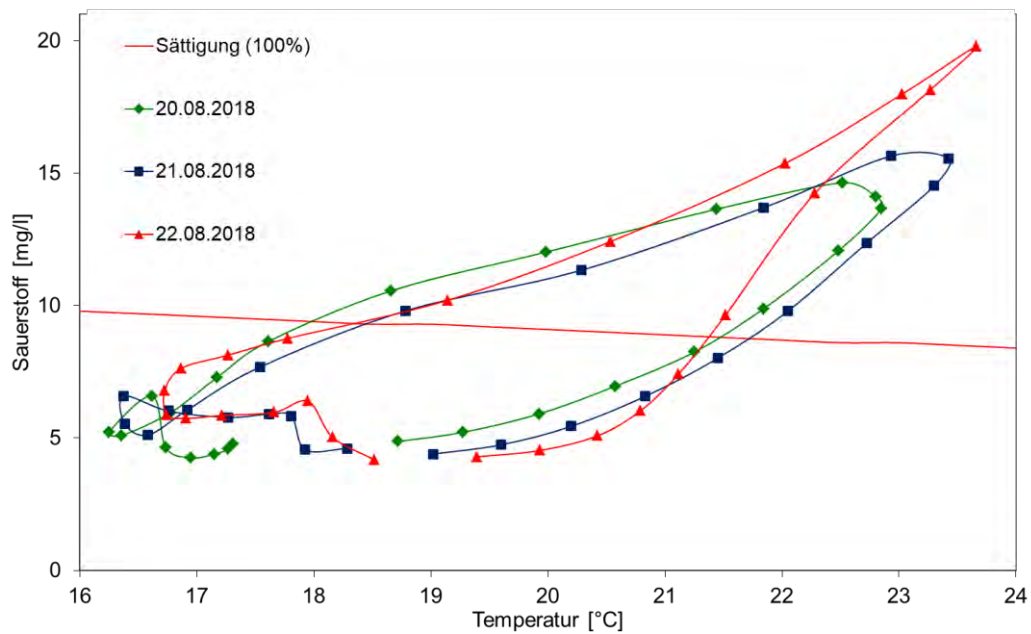


Abb. 3.1.2-2: Verlauf der Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Marpingen*) sowie theoretische Sauerstoff-Sättigung bei Normaldruck (20., 21. und 22. August 2018)

Ein zusätzliches Indiz hierfür ist die Tatsache, dass der Sauerstoff-Gehalt des Gewässers bei Einträgen, wie z.B. aus Mischwasserentlastungsanlagen, kaum negativ beeinflusst wird. Ein Beispiel mit besonders hohen Belastungen an Ammonium und TOC ist in Abb. 3.1.2-3 dargestellt. Obwohl gerade Ammonium und TOC sehr stark sauerstoffzehrend wirken, sinkt der Sauerstoff-Gehalt während dieses Ereignisses nicht so weit ab wie während eines „gewöhnlichen“ Tageszyklus z.B. am 26. oder 27. Juli, die Tagesschwankungen stellen sich nach Abklingen der Wasserwelle umgehend wieder ein.

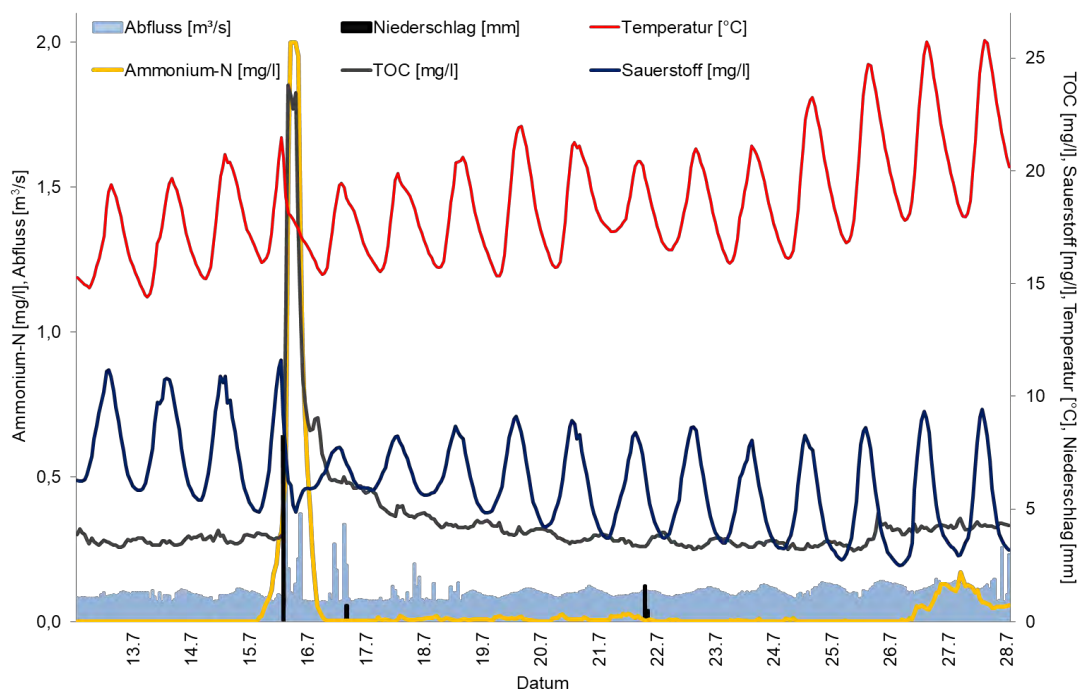


Abb. 3.1.2-3: Konzentrationsverläufe von Sauerstoff bei Eintrag von Ammonium und TOC sowie Wasserstand (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) (12. bis 28. Juli 2018)

Ebenso wird der pH-Wert durch die Photosynthese beeinflusst. Im Laufe des Tages steigen die pH-Werte deutlich an und nehmen in der Nacht wieder ab. Dabei können am Alsbach pH-Werte von fast 9 erreicht werden (Abb. 3.1.2-4). Dies spricht wieder für einen hohen Eutrophierungsgrad des Gewässers und ist besonders im Zusammenhang mit der Bildung von fischtoxischem Ammoniak relevant, wie bereits bei Abb. 3.1.1-6 beschrieben.

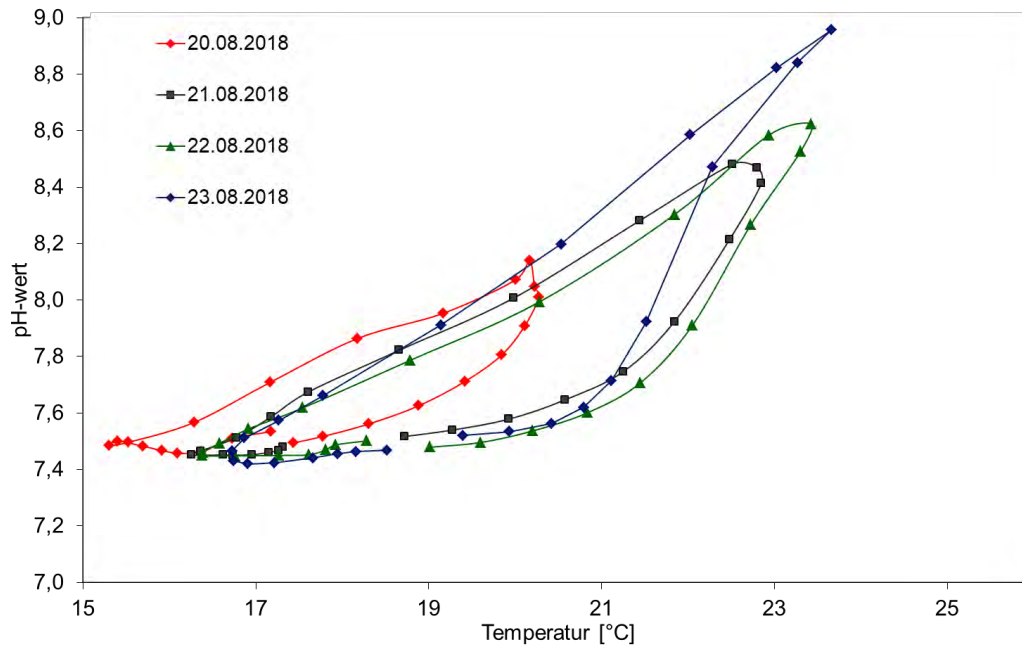


Abb. 3.1.2-4: Verlauf der pH-Werte in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Marpingen*) (20., 21., 22. und 23. August 2018)

Weder bei den pH-Werten noch bei den Sauerstoff-Gehalten zeigen sich in den Amplituden der Tagesschwankungen nennenswerte Unterschiede zwischen den im Frühjahr und den im Sommer aufgenommenen Daten (Abb. 3.1.2-5).

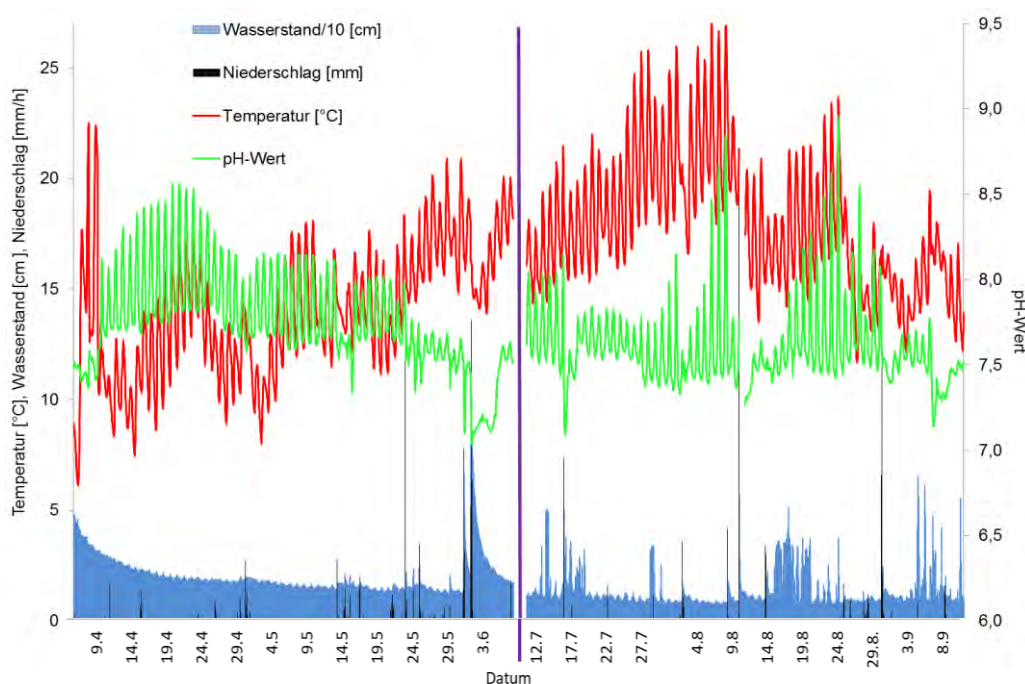


Abb. 3.1.2-5: Verlauf der pH-Werte sowie Wasserstand (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) (1. April bis 5. Juni und 11. Juli bis 8. September 2018)

Wie bereits unter Abb. 3.1.1-1 beschrieben konnten bei Nitrat und TOC ebenso tageszeitliche Schwankungen der Konzentrationen beobachtet werden. Darüber hinaus zeigen sich auch im Wasserstand bisweilen tägliche Zyklen (Abb. 3.1.2-5), wobei die Maxima erstaunlicherweise tagsüber auftreten. Zudem sind solche Zyklen auch bei den TIC-Gehalten sowie in der Trübungskurve mit nächtlichen Maxima zu beobachten (Abb. 3.1.2-6). Die Grundgehalte an TOC und TIC stiegen dabei mittelfristig bei tendenziell abnehmender Wassermenge an.

Die Amplituden der Trübung sind sehr hoch. Während sich die Zunahme der Konzentrationen von TOC und TIC ebenso wie bei Nitrat auf den Rückgang der Wassermenge zurückführen lässt, so können die Veränderungen der Trübung mit dieser Theorie nur schwerlich erklärt werden. Gleiche Trübungsschwankungen konnten zuvor auch an zahlreichen anderen Standorten beobachtet werden und ist in der Literatur beschrieben (vgl. Kapitel 3.1.1).

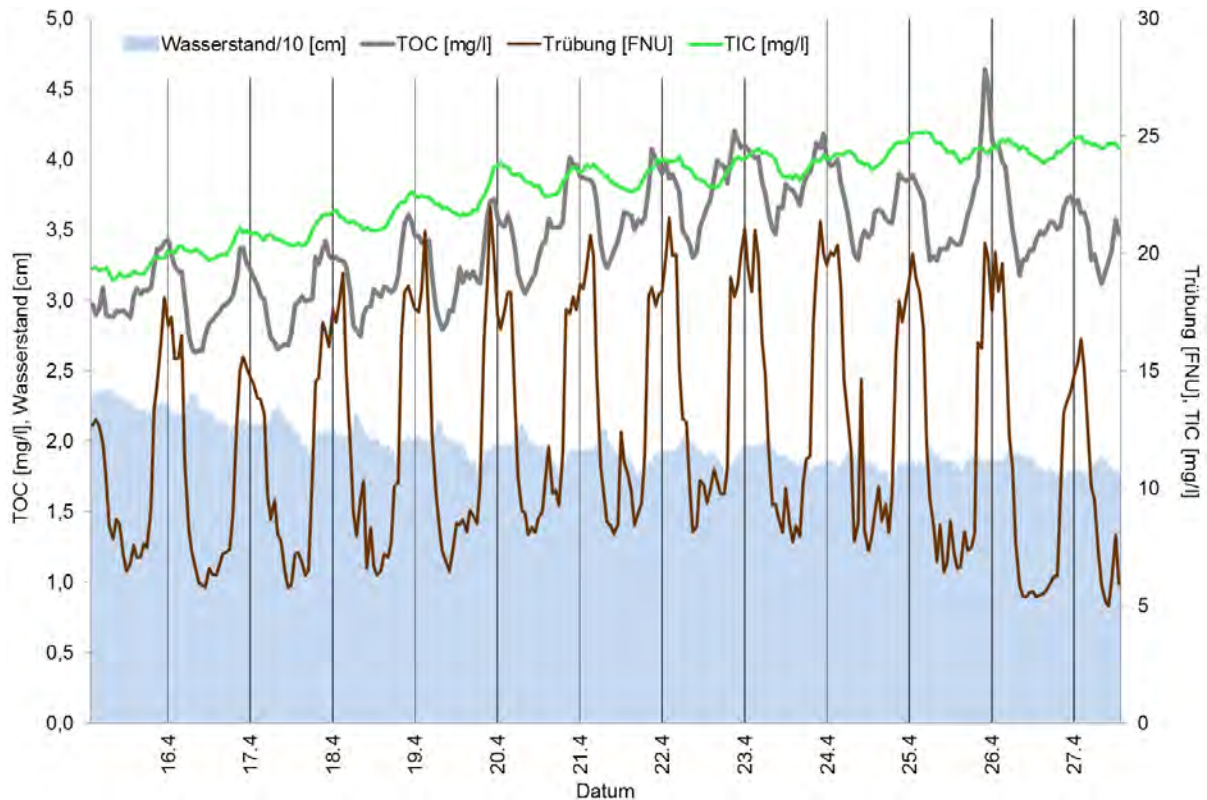


Abb. 3.1.2-6: Tagesschwankungen der Gehalte an TOC und TIC sowie der Trübung und des Wasserstandes bei Trockenwetter (Station *Marpingen*) (16. bis 27. April 2018)

Die Leitfähigkeit als Summenparameter für den Gehalt an Salzen liegt im Mittel im Alsbach bei etwa 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Aufgrund der abnehmenden Wassermengen während der Sommermonate konzentrierten sich die Salze auf, so dass die Leitfähigkeit über den Betrachtungszeitraum hinweg eine steigende Tendenz zeigt (Abb. 3.1.2-7). Natürlicherweise werden die Salzgehalte bei Regen verdünnt, die Leitfähigkeit nimmt dann z.T. sprunghaft ab.

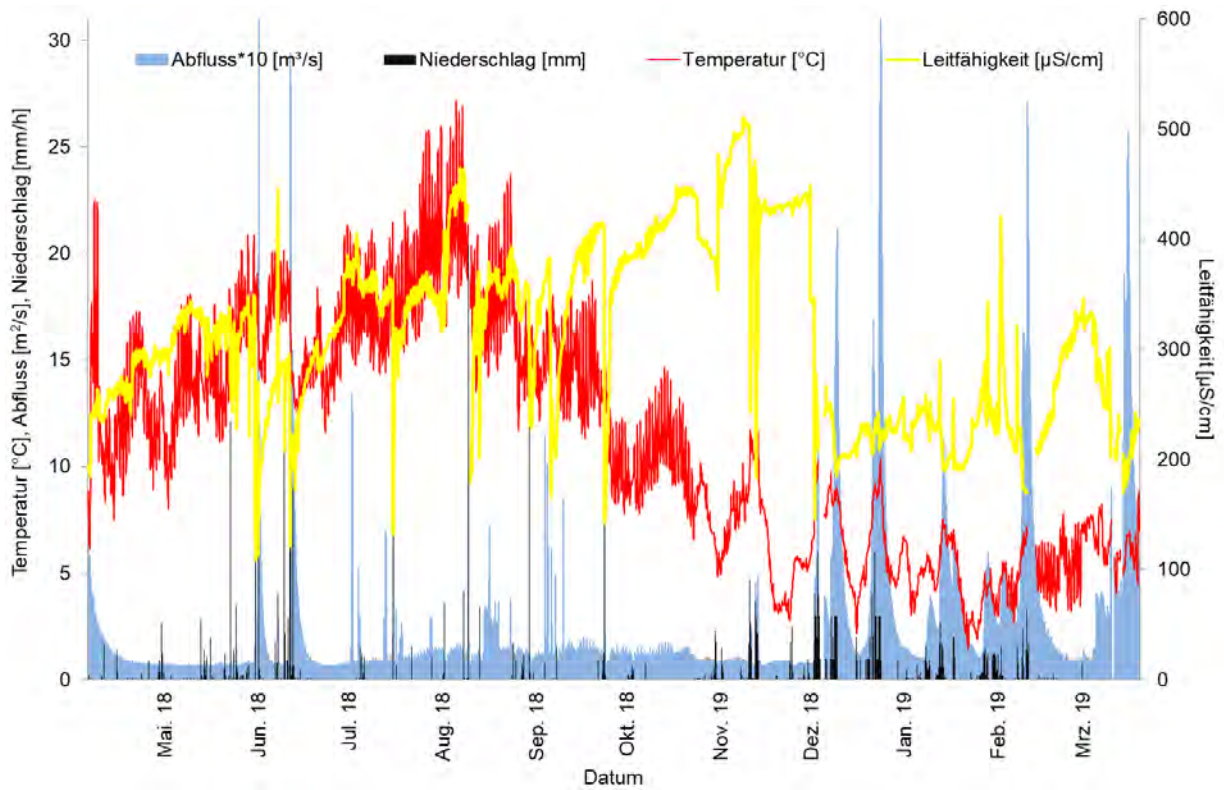


Abb. 3.1.2-7: Verlauf von Leitfähigkeit und Temperaturen sowie Abfluss (Station *Marpingen*) und Niederschlag (Wetterstation *Sotzweiler*) über den gesamten Messzeitraum

Im Winter konnte bei Tauwetter gelegentlich auch ein Anstieg der Leitfähigkeit beobachtet werden, welcher von Einspülungen von Streusalzen von Verkehrsflächen herrührt (Abb. 3.1.2-8).

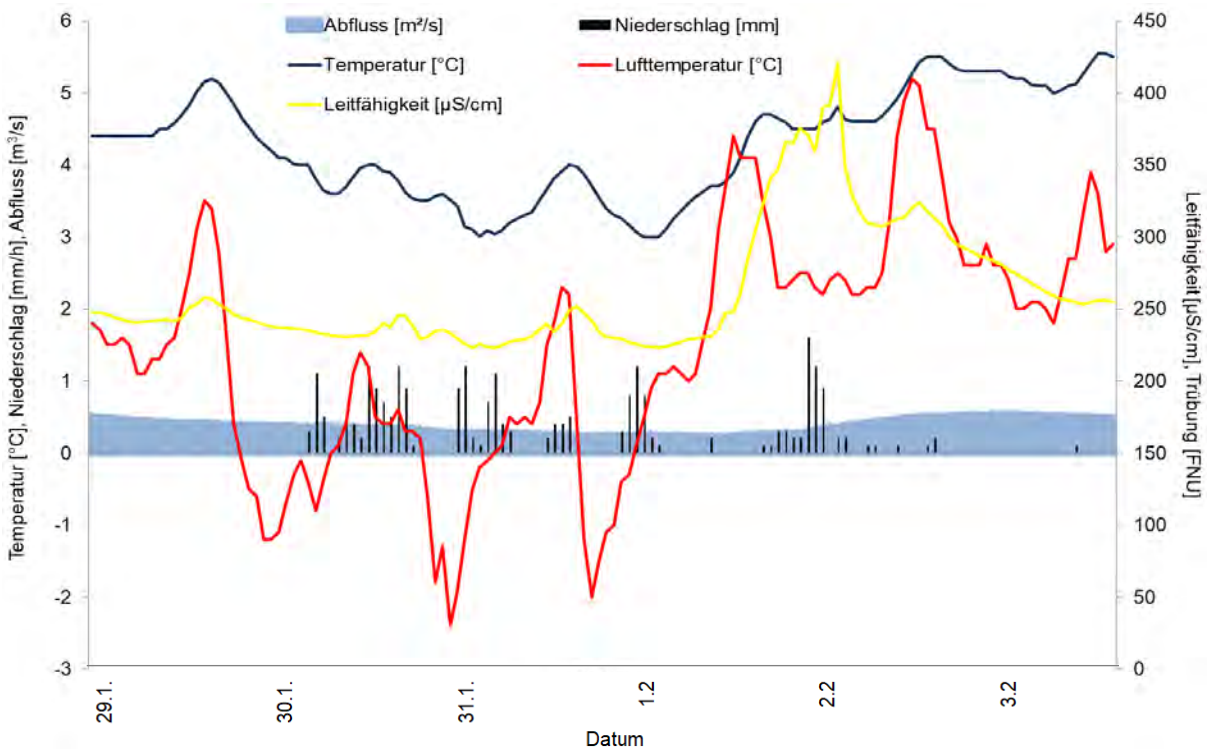


Abb. 3.1.2-8: Verlauf von Leitfähigkeit, Temperaturen und Abfluss (Station *Marpingen*) sowie Niederschlag und Lufttemperatur (Wetterstation *Sotzweiler*) (29. Januar bis 3. Februar 2019)

3.1.3 Vergleich mit den Anforderungen und Schwellenwerten

Während des Messzeitraumes (5. April 2018 bis 19. März 2019) lagen im Alsbach in *Marpingen* die Werte für Nitrat-N in 47% der Fälle über dem im Methodenhandbuch festgeschriebenen Schwellenwert [7] (siehe Kapitel 2.3.1) (Tabelle 3.1.3-1).

Die TOC-Gehalte lagen nur vereinzelt oberhalb der gemäß OGeV [6] geforderten Anforderungen für den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial. Die Konzentrationen von Ammonium überschritten die Anforderungen von 0,1 mg/l in etwa 13% der Fälle. Die Gehalte an Gesamt-Phosphor lagen in 18%, die des ortho-Phosphats nur in etwa 7% der Messungen über den Anforderungen (0,1 bzw. 0,07 mg/l P). Die rechnerisch ermittelten Ammoniak-Gehalte zeigen in fast 10% der Messungen Überschreitungen des Anforderungswertes von 1 µg/l.

Die pH-Werte bewegten sich nur vereinzelt oberhalb des geforderten Bereiches, die Wassertemperaturen überschritten die Anforderung von 21,5°C in ca. 2% der Messungen. Der geforderte Mindestgehalt an Sauerstoff (8 mg/l) wurde hingegen in über einem Drittel der Messungen unterschritten.

Sauerstoff ist der einzige Parameter, bei dem sich die Anzahl der Stundenmittelwerte, die die Anforderungen verfehlen, in den Sommermonaten (Messzeitraum des Zwischenberichtes) wesentlich von der im gesamten Messzeitraum ermittelten Anzahl unterscheidet (Sommer: 50%, gesamter Messzeitraum 35% Unterschreitung der Anforderung). Das 10%-Perzentil (P10) der Sauerstoff-Messungen über den gesamten Messzeitraum liegt bei 12,1 mg/l, das entsprechende 90%-Perzentil (P90) bei 5,65 mg/l.

Ein Vergleich der Über- bzw. Unterschreitungen der Anforderungen an den 3 Standorten in *Marpingen*, *Eppelborn* und an der *Knorscheider Mühle* findet sich in Kapitel 3.4., nähere Erläuterungen zur Tabelle sind in Kapitel 2.3.1 gegeben.

Tabelle 3.1.3-1: Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte des Alsbaches in *Marpingen* vom 5. April 2018 bis 19. März 2019, Schwellenwerte für Nitrat und Nitrit gemäß Methodenhandbuch für Gewässergüteklasse 2 [7], Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial für Gewässertyp 6 gemäß Anlage 7 OGeV [6] sowie Anzahl der zugrunde liegenden Stundenmittelwerte bzw. Einzelmessungen (n)

	NO ₃ -N [mg/l]	NO ₂ -N [mg/l]	NH ₄ -N [mg/l]	TN _b [mg/l]	PO ₄ -P [mg/l]	P _{ges} [mg/l]	TOC [mg/l]	NH ₃ -N [µg/l]
Mittelwert	2,74	0,081	0,059	3,57	0,044	0,084	3,99	0,451
Median	2,43	-	0,009	-	0,042	0,071	3,66	0,067
Minimum	0,238	0,011	n.n	0,491	0,002	0,026	1,69	n.n.
Maximum	7,66	0,851	> 2	9,84	0,657	1,17	23,8	21,9
Schwellenwert/ Anforderung	≤ 2,48	≤ 0,03	≤ 0,1	≤ 3	≤ 0,07	≤ 0,1	≤ 7	≤ 2
Anzahl Werte (n)	8163	48	7762	48	7930	8096	7943	7398

	pH-Wert	Sauerstoff [mg/l]	Temperatur [°C]	Leitfähigkeit [µS/cm]	Abfluss [m³/s]
Mittelwert	7,63	9,08	11,3	314	0,226
Median	7,59	9,28	11,0	315	0,112
Minimum	6,93	2,51	1,41	109	0,068
Maximum	8,96	19,8	27,2	510	3,87
Anforderung	7 – 8,5	≥ 7	≤ 21,5	-	
Anzahl Werte (n)	7652	8166	8166	8166	8270

Die Daten sind im Anhang zusätzlich in Form von Box-Whisker-Plots dargestellt (Abb. 8-5 a bis d).

Die Abweichung zwischen Mittelwert und Median wird generell durch die Varianz, d.h. durch die Schwankungsbreite, der Messwerte bestimmt. Je größer der Unterschied, desto "stoßartiger" sind die jeweiligen Einträge. Bei den Konzentrationswerten ist dies vor allem bei Ammonium der Fall. Weitere Erläuterungen zu diesem Thema finden sich auch in Kapitel 3.1.4.

3.1.4 Frachten

Aufgrund des geringen Abflusses des Alsbaches sowie der Trockenheit während der Messphase 2018/2019 sind die Frachten relativ gering. Auffallend ist jedoch, welche Mengen an Ammonium bei Regen in das Gewässer gelangen. Diese Einträge können vornehmlich auf Abschlüge von Mischwasserentlastungsbauwerken zurückgeführt werden, da derartige Mengen kaum von Einleitungen aus Haushalten oder Hofabläufen stammen können (Abb. 3.1.4-1). Bei diesen Ereignissen steigt auch die Fracht an ortho-Phosphat an, die Frachten von Gesamt-Phosphor erreichen allerdings sehr viel höhere Werte, was wiederum dafür spricht, dass es neben der Mischwasserentlastung oftmals auch flächenhaften Einträgen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen kommt.

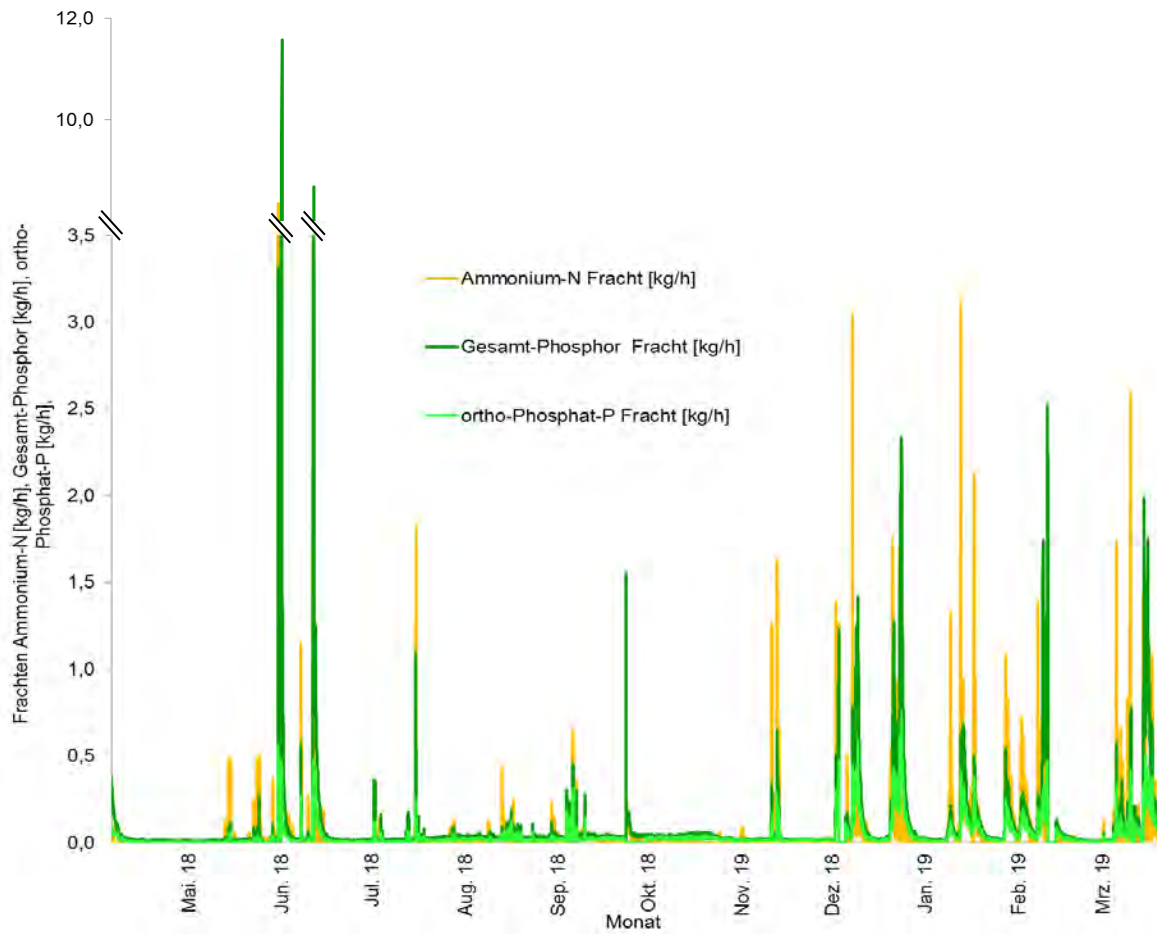


Abb. 3.1.4-1: Verlauf der Frachten von Ammonium, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat (Station *Marpingen*) über den gesamten Messzeitraum

Für Einträge von Düngemitteln aus landwirtschaftlichen Flächen spricht auch die Zunahme der Nitrat-Frachten nach Regen (Abb. 3.1.4-2).

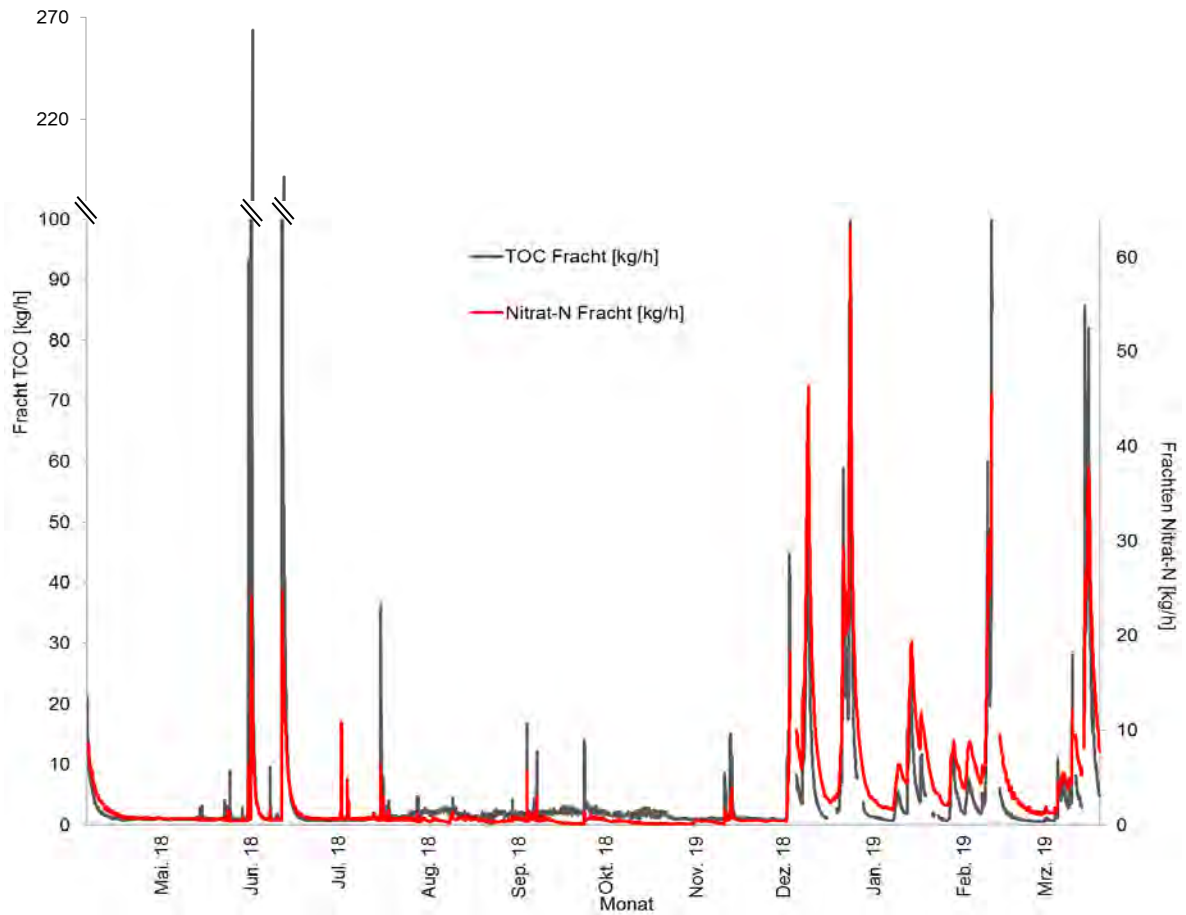


Abb. 3.1.4-2: Verlauf der Frachten von Nitrat und TOC (Station *Marpingen*) über den gesamten Messzeitraum

Eine Übersicht über die Mittelwerte, Mediane Minima und Maxima der Nährstofffrachten, die während des gesamten Messzeitraumes am Alsbach in *Marpingen* ermittelt wurden, findet sich in Tabelle 3.1.4-1 sowie in Form von Box-Whisker-Plots im Anhang (Abb. 8-6 a bis d).

Tabelle 3.1.4-1: Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Frachten der Stundenmittelwerte der Nährstoffe und des Abflusses sowie Gesamtfracht des Alsbaches in *Marpingen* über den gesamten Messzeitraum (5. April 2018 bis 19. März 2019)

Frachten	NO ₃ -N [kg/h]	NH ₄ -N [kg/h]	P _{ges} [kg/h]	davon PO ₄ -P [kg/h]	TOC [kg/h]	NH ₃ -N ¹⁶ [g/h]	Abfluss [m ³ /h]
Mittelwert	2,97	0,057	0,094	0,038	3,99	0,335	0,226
Median	0,678	0,004	0,031	0,017	1,47	0,037	0,112
Minimum	0,078	n.n.	0,007	0,003	0,483	n.n.	0,068
Maximum	63,3	8,36	11,6	0,717	264	46,8	3,87
Gesamtfracht	24,8 t	0,476 t	0,784 t	0,321 t	33,4 t	2,72 kg	

¹⁶ NH₃-N (Ammoniak-N) wurde rein rechnerisch ermittelt.

Wie in Kapitel 2.3.2 beschrieben wurde das Kriterium des Abfluss-Medianes auf die Frachten im Alsbach angewandt, sodass sich daraus die in Abb. 3.1.4-3 dargestellte Einteilung ergibt.

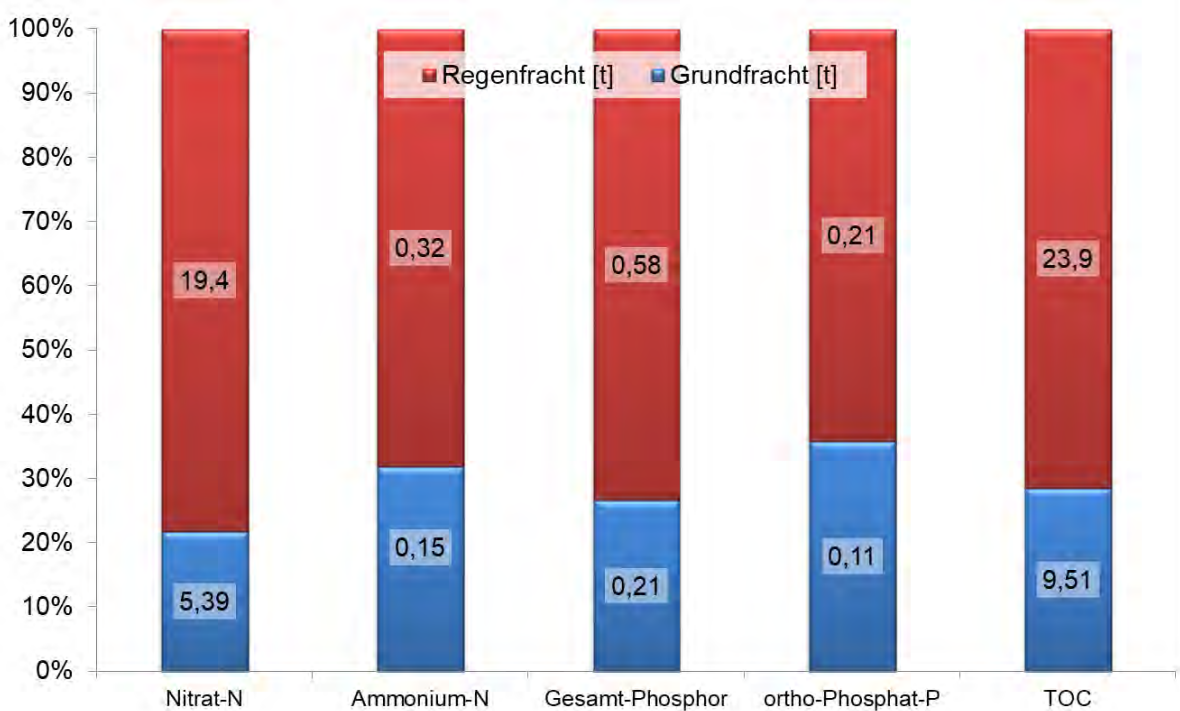


Abb. 3.1.4-3: Prozentualer Anteil der Grundfrachten und Frachten bei Regen an der Gesamtfracht und in absoluten Mengen in Tonnen als Zahlenangaben auf den Balken (Station *Marpingen*) über den gesamten Messzeitraum (5. April 2018 bis 19. März 2019)

Diese Frachtanteile wurden dann den in Kapitel 2.3.2 erläuterten Kategorien zugeteilt, welche der Tabelle 3.1.4-2 zu entnehmen sind.

Tabelle 3.1.4-2: Berechnete Herkunft der Frachten (Prozent-Angaben in Klammern) im Alsbach (Station *Marpingen*) über den gesamten Messzeitraum (5. April 2018 bis 19. März 2019)

Tonnen	Landwirtschaft	Kläranlagen	Mischwasserentlastung	Grundwasser
Gesamt-Stickstoff [t]	19,6 (77)	-	0,32 (1)	5,39 (22)
Gesamt-Phosphor [t]	0,37 (47)	-	0,21 (27)	-

Bei der Kategorisierung des Phosphors fällt auf, dass etwa 200 kg an Gesamt-Phosphor für den Grundabfluss ermittelt wurden und somit im Vergleich zur Gesamt-Fracht in der Kategorisierung fehlen. Dies ergibt sich aus rechnerischen Ungenauigkeiten bei der Einstufung anhand des Abfluss-Medianes und der Berechnung der Frachten. Prozentual schlagen diese absolut gesehen äußerst geringen Mengen (mit 26%) daher zu Buche, da der Alsbach an dieser Stelle insgesamt wenig belastet ist und daher bereits geringe Frachten einen hohen Anteil an der Gesamt-Fracht ausmachen. Die größten Mengen an Phosphor-Einträgen können hier mit einem Anteil von fast zwei Dritteln an der Gesamt-Fracht eindeutig der Landwirtschaft zugeordnet werden, da der Anteil des an Partikel gebundenen Phosphors, welcher durch Niederschlag in das Gewässer transportiert wird, sehr hoch ist. Es zeigt sich zudem, dass mit rechnerisch etwa 77% auch die weitaus größte Menge an Gesamt-Stickstoff aus der Landwirtschaft stammt. Der aus der übrigen Landschaft eingetragene Anteil kann

nicht berücksichtigt werden. Kommunales Abwasser hat nur einen geringen Anteil an der Belastung mit Gesamt-Stickstoff, Einträge über das Grundwasser haben keine Bedeutung.

Ein direkter Vergleich der Frachten von Alsbach, Ill und Theel für den gemeinsamen Zeitraum ist in Kapitel 3.4 beschrieben.

3.2 Ill in Eppelborn

3.2.1 Nährstoffe

Im Gegensatz zum Standort am Alsbach ist die Ill in *Eppelborn* deutlich durch kommunales Abwasser beeinflusst, welches durch die beiden oberhalb gelegenen Kläranlagen eingetragen wird. In Trockenwetterphasen wird dies besonders für Phosphor gut sichtbar. Da die von den Kläranlagen emittierte Menge an Phosphor in etwa gleich bleibt, nimmt die Konzentration im Gewässer bei rückläufigen Wassermengen zu (Abb. 3.2.1-1). Ammonium konnte während des Beispiel-Zeitraumes im Sommer hingegen nicht gemessen werden, da die Abbauraten von Ammonium bei hohen Temperaturen in den Kläranlagen sowie im Gewässer sehr hoch sind.

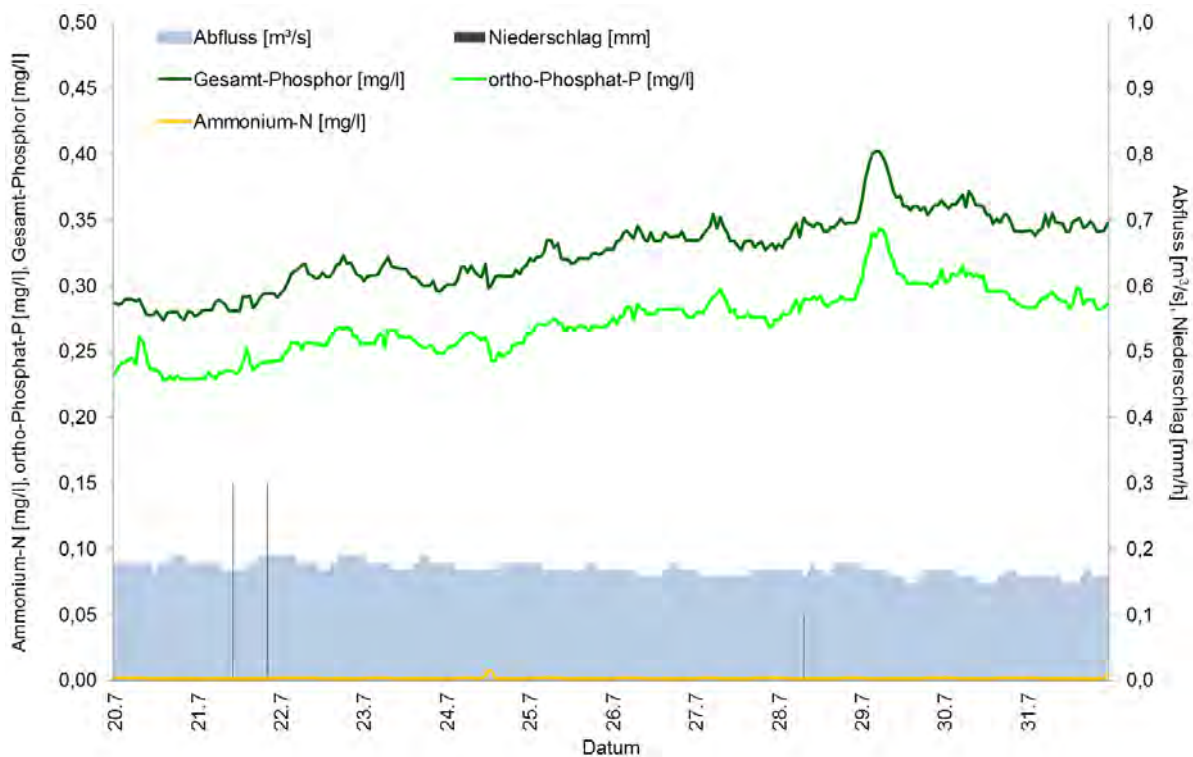


Abb. 3.2.1-1: Anstieg der Konzentrationen von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat, Gehalte von Ammonium und TOC (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) und Niederschlag (Wetterstation *Wustweiler*) (20. bis 31. Juli 2018)

Betrachtet man hingegen die Ammonium-Konzentrationen über den gesamten Jahresverlauf, so sind bei niedrigeren Temperaturen deutlich höhere Grundgehalte an Ammonium zu erkennen (Abb. 3.2.1-2). Darin zeigt sich einerseits, wie sehr die Abbaurate des Ammoniums von den Temperaturen abhängig ist. Andererseits bestätigt dieses Phänomen wiederum, wie stark der Standort in *Eppelborn* von den Einträgen aus den Kläranlagen geprägt ist.

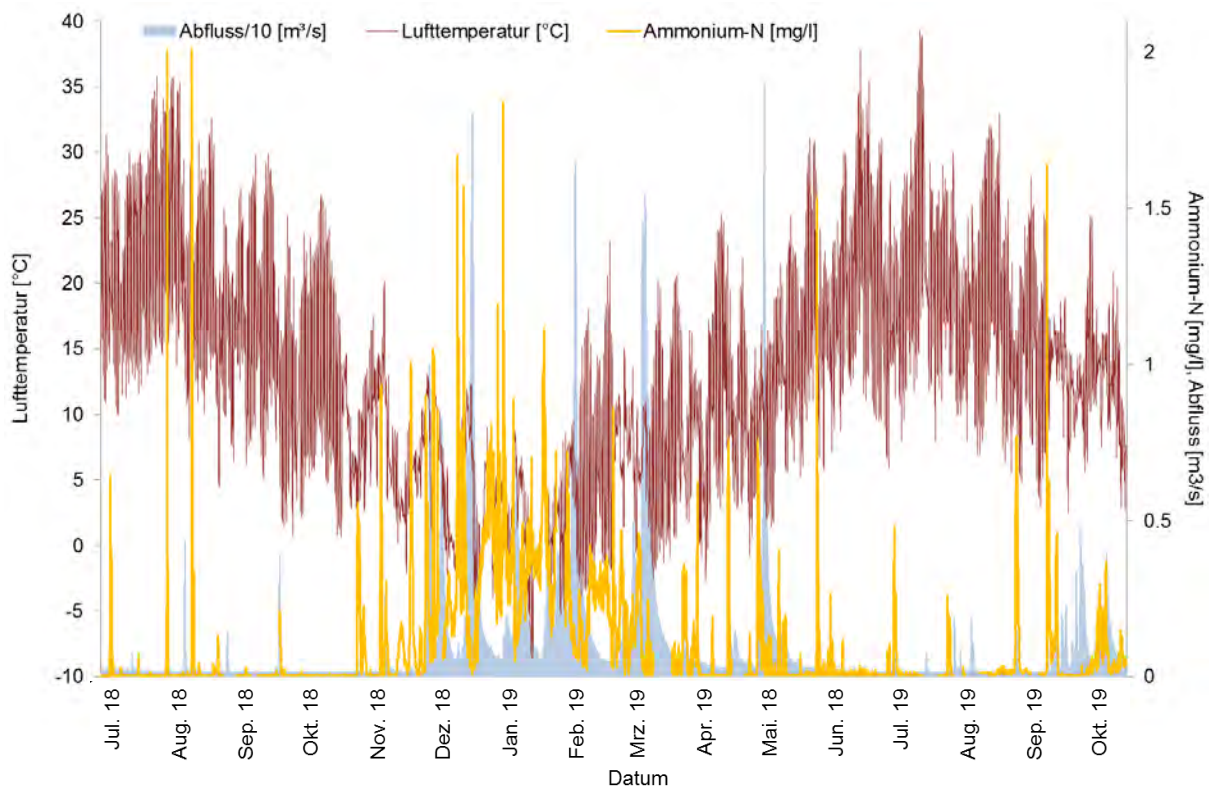


Abb. 3.2.1-2: Konzentrationen von Ammonium (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) und Lufttemperatur (Wetterstation *Wustweiler*) über den gesamten Messzeitraum

Eine statistische Korrelation zwischen den Luft- oder Wassertemperaturen und den Ammonium-Gehalten kann nicht hergestellt werden, denn letzten Endes sind die Temperaturen des Abwassers in der Kläranlage entscheidend für die Abbauraten. Des Weiteren finden sowohl in der warmen als auch in der kalten Jahreszeit sprunghafte Einträge von Ammonium aus Mischwasserentlastungsanlagen statt, welche unabhängig von den Luft- und Wassertemperaturen sind.

Darüber hinaus konnten in *Eppelborn* bei Regenwetter sich überlagernde Einträge aus den oberhalb gelegenen Mischwasserentlastungsanlagen aufgezeichnet werden (Abb. 3.2.1-3). Wegen der unterschiedlichen Entfernung der Einleitpunkte zur Messstelle kommt es dabei zur Ausbildung von zeitlich versetzten Mehrfachspitzen sowie zu unterschiedlichen Peak-Breiten in den Konzentrationsverläufen von Phosphor, Ammonium und TOC. Die Gehalte der einzelnen Parameter, insbesondere der parallele Anstieg von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat ist dabei typisch für Belastungen aus kommunalem Abwasser. Der Eintrag mit Maximum am 24. September stammt von einem weiter entfernten Bauwerk.

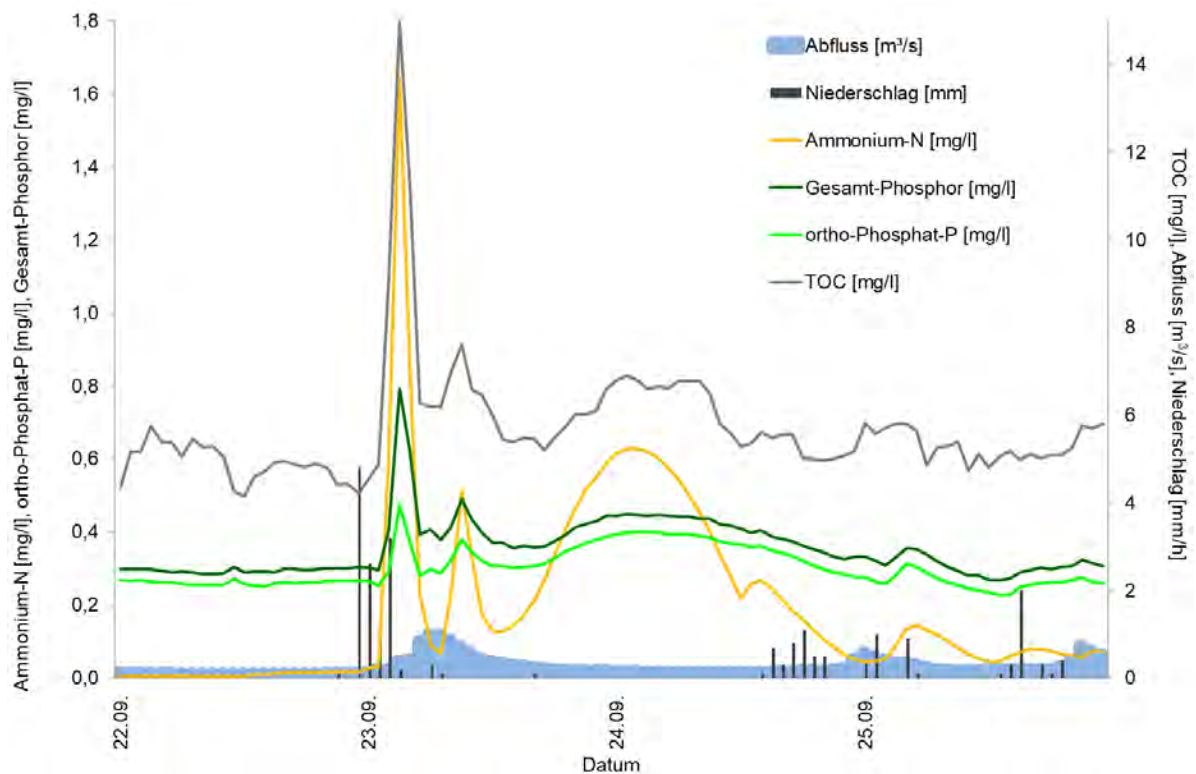


Abb. 3.2.1-3: Konzentrationsanstiege von Ammonium, TOC, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat durch Einträge aus verschiedenen Mischwasserentlastungsbauwerken (Station *Eppelborn*) sowie Wasserstand (Pegel *Eppelborn*) und Niederschlag (Wetterstation *Wustweiler*) (22. bis 25. September 2018)

Über den gesamten Messzeitraum von 16 Monaten konnten über 40 solcher Eintragsereignisse verschiedener Intensität aufgezeichnet werden.

Wie auch am Alsbach führen die Spitzen der Ammonium-Konzentrationen in der III zur Bildung von fischtoxischem Ammoniak (vgl. auch Abb. 3.1.1-6). Für den Fließgewässertyp 9.1 wird dieser Grenzwert mit $2 \mu\text{g/l}$ Ammoniak-Stickstoff angegeben. Problematisch ist dies besonders im Frühjahr bzw. im Sommer, wenn tagsüber die pH-Werte aufgrund der erhöhten Photosyntheserate im Wasser stark ansteigen (vgl. auch Kapitel 3.1.2-4). Während des Messzeitraumes lagen die Ammoniak-Konzentrationen in *Eppelborn* insgesamt 1307 Stunden lang über dem Grenzwert, insgesamt wurde ein Maximum von $34,5 \mu\text{g/l}$ verzeichnet (Abb. 3.2.1-4).



Abb. 3.2.1-4: Gehalte von Ammoniak in Abhängigkeit von Ammonium, pH-Wert und Temperatur über den gesamten Messzeitraum

Am Standort in *Eppelborn* konnten nur selten Einträge aus diffusen Belastungsquellen beobachtet werden, welche sich durch einen Anstieg von Gesamt-Phosphor und TOC sowie einen Rückgang von Ammonium und ortho-Phosphat auszeichnen (vgl. auch Beschreibung zu Abb. 3.1.1-4). Während der gesamten Messkampagne konnten nur wenige Einträge aus diffusen Quellen aufgezeichnet werden; so gab es lediglich 7 Ereignisse, die anhand der Konzentrationsverläufe der Parameter eindeutig als Oberflächeneinträge identifiziert werden konnten (Abb. 3.2.1-5). Diese Einträge werden durch dieselben Regenereignisse initiiert wie die Abschlüge der Mischwasserentlastungen. Da die Oberflächeneinträge jedoch über größere Flächen und Distanzen transportiert werden als die Einträge aus Mischwasserentlastungen, erreichen sie den Messpunkt später und bilden sich daher als Konzentrationsanstieg von Gesamt-Phosphor (als Partikel gebundenem Phosphor) und TOC sowie im Rückgang von Ammonium und ortho-Phosphat in der abnehmenden Flanke des „Gesamt-Eintrags“ ab. (roter Rahmen in Abb. 3.2.1-5).

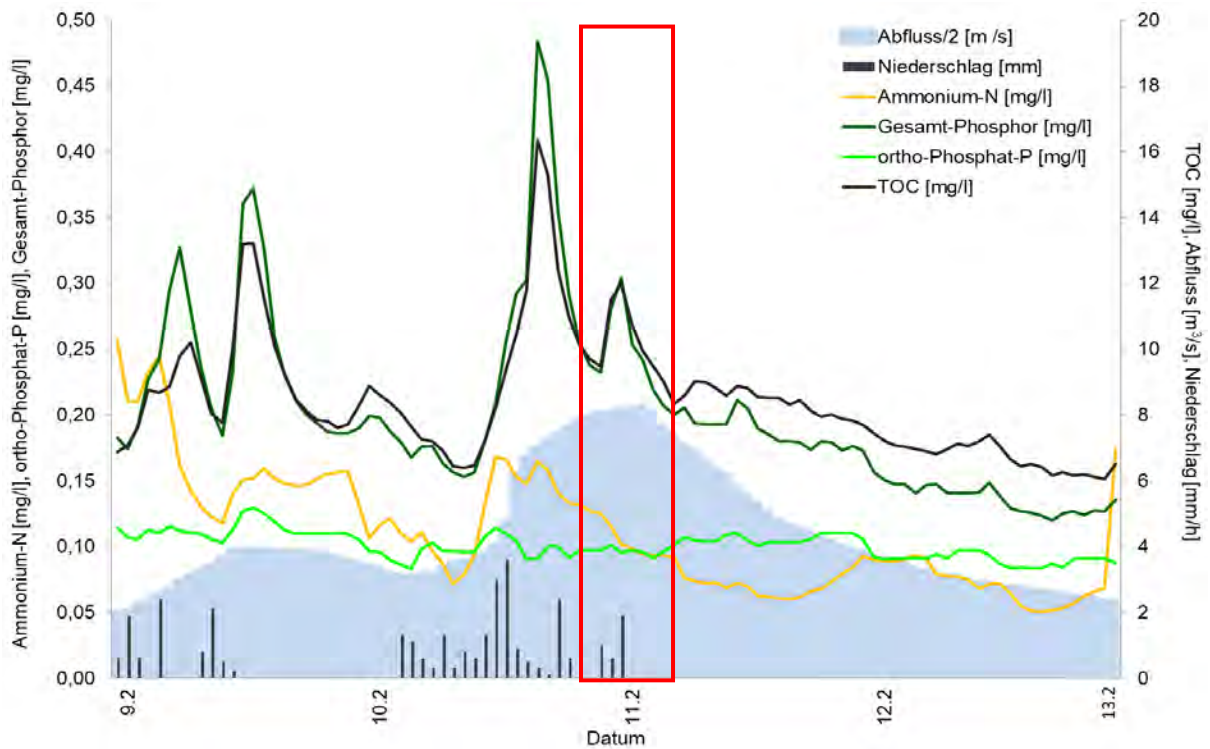


Abb. 3.2.1-5: Anstieg der Konzentrationen von Gesamt-Phosphor und TOC durch Oberflächeneinträge (Station Eppelborn), (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) und Niederschlag (Wetterstation *Wustweiler*) (9. bis 13. Februar 2019)

Abb. 3.2.1-6 zeigt die Einträge während der gesamten Messphase, wobei die roten Pfeile die ungefähre Lage derjenigen Ereignisse markieren, bei denen, wie für Abb. 3.2.1-5 beschrieben, Einträge von Oberflächenabflüssen in der abnehmenden Flanke der Einträge aus Mischwasserentlastungen identifiziert werden konnten.

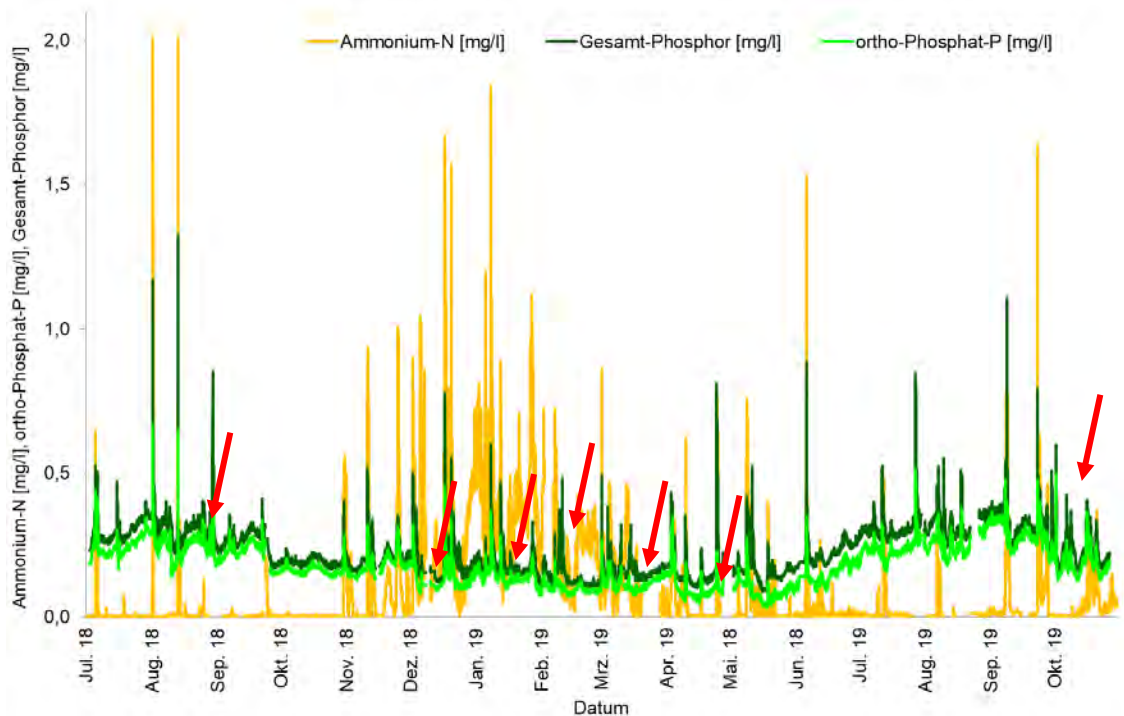


Abb. 3.2.1-6: Verlauf der Konzentrationen von Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat und Ammonium (Station *Eppelborn*) über den gesamten Messzeitraum

Aufgrund der sehr seltenen Einträge über Erosion durch Oberflächenabfluss, welche durch eine große Differenz von Gesamt-Phosphor zu ortho-Phosphat gekennzeichnet sind (vgl. Kapitel 3.1.1), ergibt sich am Standort in *Eppelborn* über den gesamten Messzeitraum ein hoher Zusammenhang dieser beiden Parameter ($R^2 = 0,856$) (Abb. 3.2.1-7). Dies ist ein weiterer Hinweis darauf, dass eine hohe Abhängigkeit von ortho-Phosphat zu Gesamt-Phosphor besteht, also während der Messkampagne 2018/2019 wenig Partikel gebundener Phosphor im System vorhanden war.

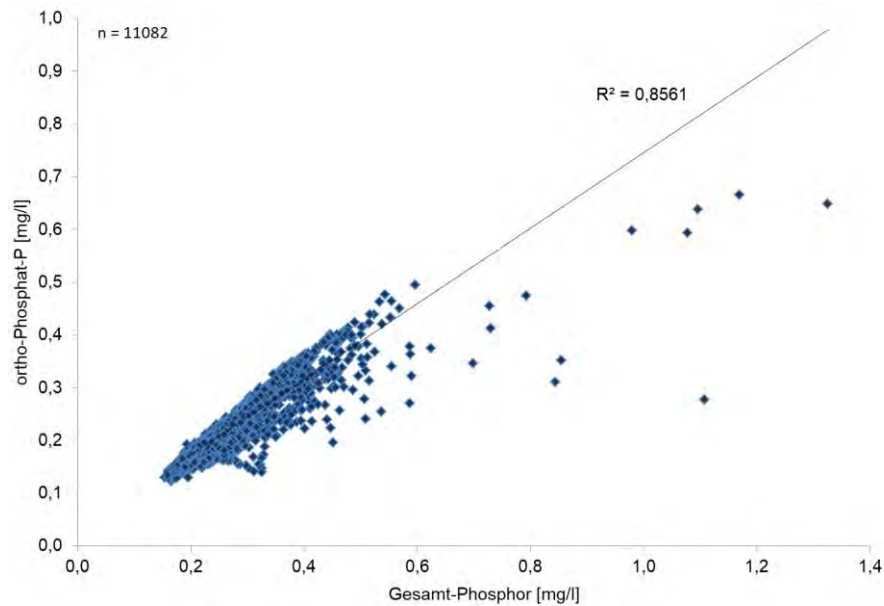


Abb. 3.2.1-7: Korrelation von ortho-Phosphat zu Gesamt-Phosphor über den gesamten Messzeitraum (Station *Eppelborn*)

Sehr viel häufiger als diffuse Einträge von Phosphor sind hingegen solche von Nitrat zu verzeichnen. Diese sind ebenfalls auf den Einsatz von Düngemitteln zurück zu führen, der Ablauf dieser Eintragsform ist in Kapitel 3.1.1 näher erläutert. Ein Beispiel für Nitrat-Einträge über Zwischenabfluss ist in Abb. 3.2.1-8 gegeben.

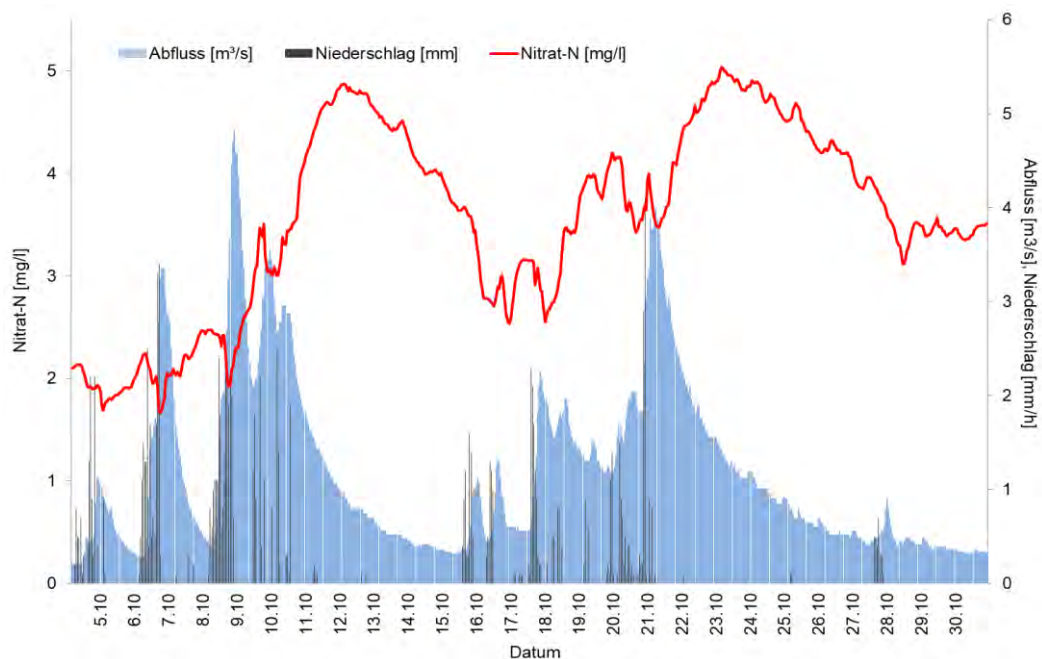


Abb.

3.2.1-8: Einträge von Nitrat über Zwischenabfluss, (Station *Eppelborn*) sowie Wasserstand (Pegel *Eppelborn*) und Niederschlag (Wetterstation *Wustweiler*) (4. bis 31. Oktober. 2019)

3.2.2 Chemisch-physikalische Messgrößen und Trübung

Die oben beschriebenen Einleitungen aus Mischwasserentlastungsanlagen führen in den meisten Fällen zu Sauerstoff-Defiziten, da der biologische Abbau der ins Gewässer eingetragenen organischen Stoffe, vornehmlich Ammonium und TOC, stark sauerstoffzehrend ist. Daher treten auch an der Ill in *Eppelborn* häufig länger anhaltende Phasen auf, in denen die Sauerstoff-Gehalte deutlich unter den geforderten Mindestwert von 7 mg/l sinken (Abb. 3.2.2-1).

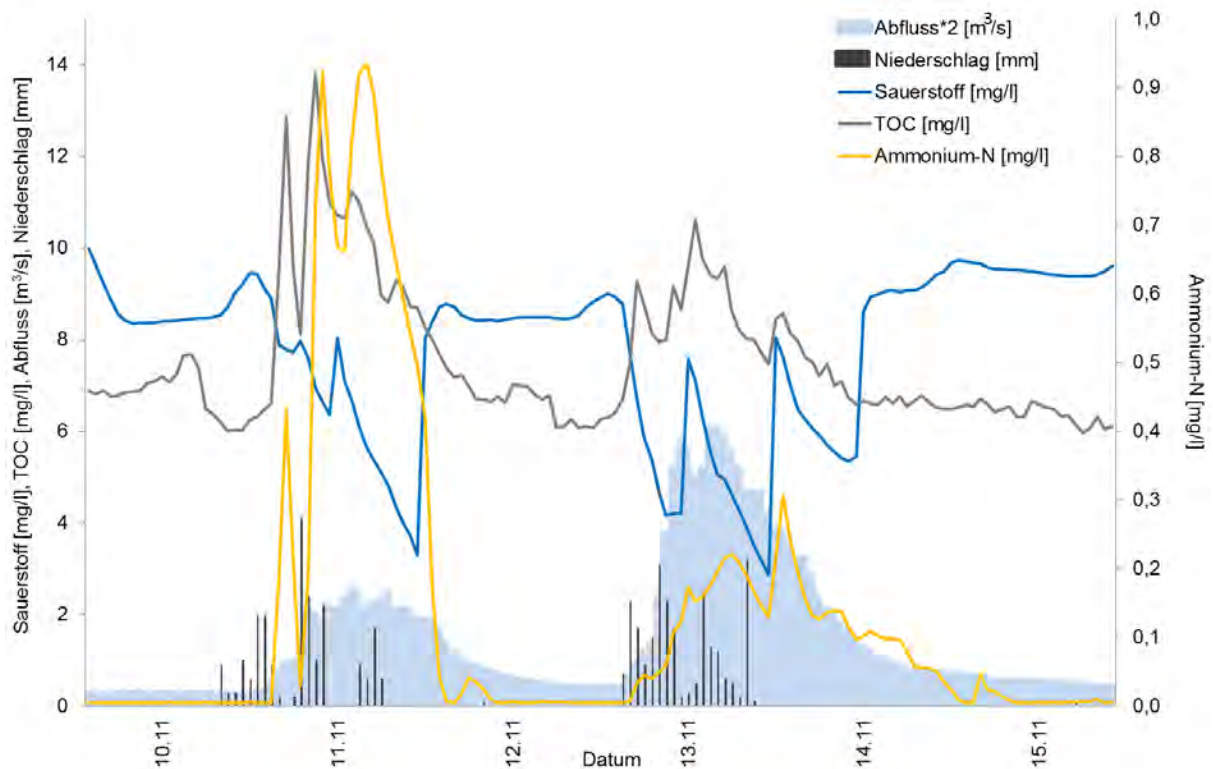


Abb. 3.2.2-1: Sauerstoff-Defizit durch Einleitungen von Ammonium und TOC bei Regen (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) und Niederschlag (Wetterstation *Wustweiler*) (9. bis 15. November 2018)

Es ist zu bemerken, dass sich die Sauerstoff-Gehalte während der kühleren Monate in *Eppelborn* fast ausschließlich unter dem Wert der theoretischen Sättigung bei Normaldruck bewegten, wobei die vereinzelt zu erkennenden größeren Sauerstoff-Defizite dabei durch Einträge aus Mischwasserentlastungsanlagen bedingt waren (Abb. 3.2.2-2). Ende Februar bis Mitte Mai zeigen sich hingegen auch Phasen, in denen das Wasser mit Sauerstoff übersättigt ist (rot markierte Daten). Diese Übersättigungen sind, wie bereits in Kapitel 3.1.2 beschrieben, Folge der Entwicklung der Grünpflanzen und Algen im Gewässer und der damit verbundenen Photosynthese. Die in Abb. 3.2.2.-3 dargestellten extremen Amplituden in den Tagesschwankungen weisen, wie auch beim Alsbach, auf eine verstärkte Eutrophierung des Gewässers hin.

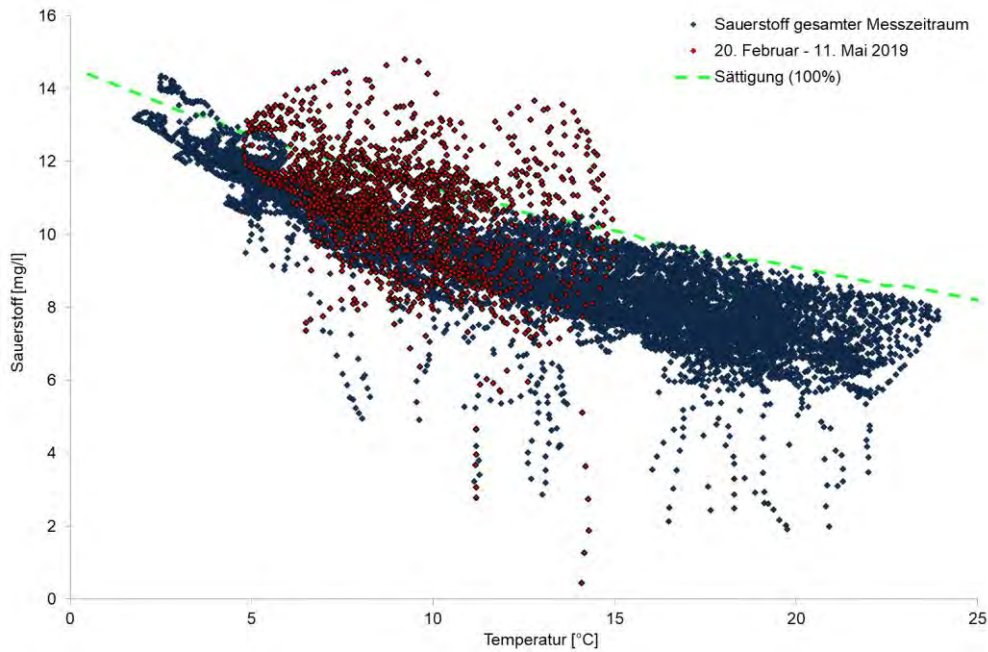


Abb. 3.2.2-2: Verlauf der Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Eppelborn*) über den gesamten Messzeitraum (Daten vom 20. Februar bis 11. Mai: rot markiert) sowie theoretische Sauerstoff-Sättigung bei Normaldruck

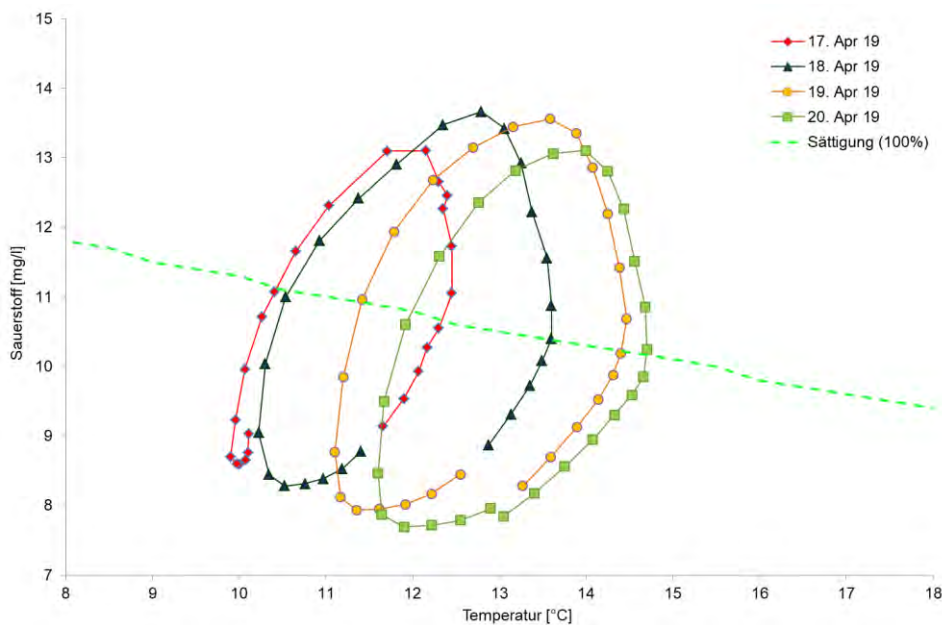


Abb. 3.2.2-3: Verlauf der Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Eppelborn*) sowie theoretische Sauerstoff-Sättigung bei Normaldruck (17. bis 20. April 2019)

Weitere Hinweise auf die Eutrophierung des Standortes sind auch die beiden in Abb. 3.2.2-4 ersichtlichen Tatsachen, dass in den Frühjahrsmonaten die Amplituden der Sauerstoff-Konzentrationen nicht antizyklisch zur Temperatur verlaufen, wie in Hinblick auf die physikalische Löslichkeit von Sauerstoff in Wasser zu erwarten wäre, sondern die Minima und Maxima der beiden Messgrößen nur um jeweils zwei bis vier Stunden versetzt auftreten. Zudem deuten die Schwankungen des pH-Wertes von bis zu einer pH-Einheit und der parallele Verlauf der pH-Werte zur Sauerstoff-Kurve eine intensive photosynthetische Aktivität hin (vgl. auch Kapitel 3.1.2).

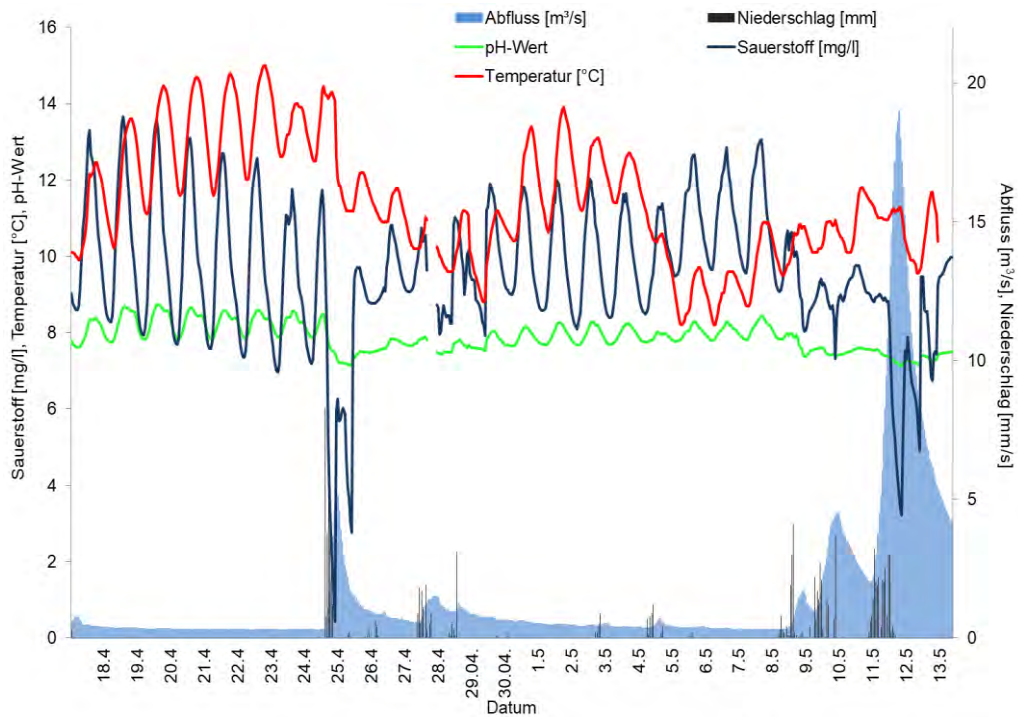


Abb. 3.2.2-4: Verläufe der Temperatur, der Sauerstoffkonzentrationen, der pH-Werte (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (17. April bis 13. Mai 2018)

Ebenso wie am Alsbach lässt sich auch in der Ill eine Zunahme der Leitfähigkeit über den Sommer hin feststellen (Abb. 3.2.2-5). Während der Regenereignisse findet eine Verdünnung der Salzgehalte statt; der gelegentliche Anstieg der Leitfähigkeit im Winter deutet auf Einträge von Streusalzen hin.

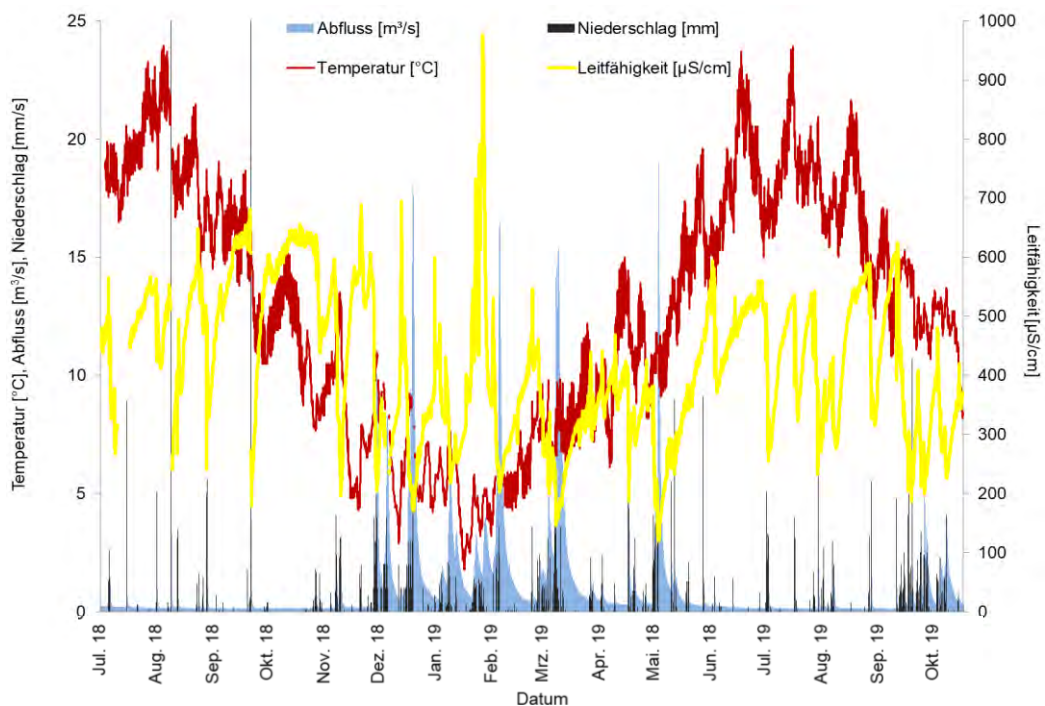


Abb. 3.2.2-5: Verlauf von Leitfähigkeit und Temperaturen (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) und Niederschlag (Wetterstation *Wustweiler*) über den gesamten Messzeitraum

In Trockenzeiten konnten auch an der Ill Tagesschwankungen der Trübung mit Maxima in den frühen Morgenstunden festgestellt werden (Abb. 3.2.2-6). Dieses Phänomen wurde neben vielen anderen Standorten auch in *Marpingen* beobachtet und ist im Kapitel 3.1.1 beschrieben. Wie dort erwähnt könnte Westhrope et al., 2012 [9] zufolge neben den Tageszyklen des TOC auch die der Trübung auf die nächtliche Fraß-Aktivität verschiedener Tierarten zurückgeführt werden. Dabei wird sedimentiertes Material aufgewirbelt, welches neben einer Zunahme der TOC-Gehalte auch zu einem Anstieg der Trübung im Wasser führen kann. Bei Tageslicht sinken die Partikel dann wieder auf den Gewässerboden zurück.

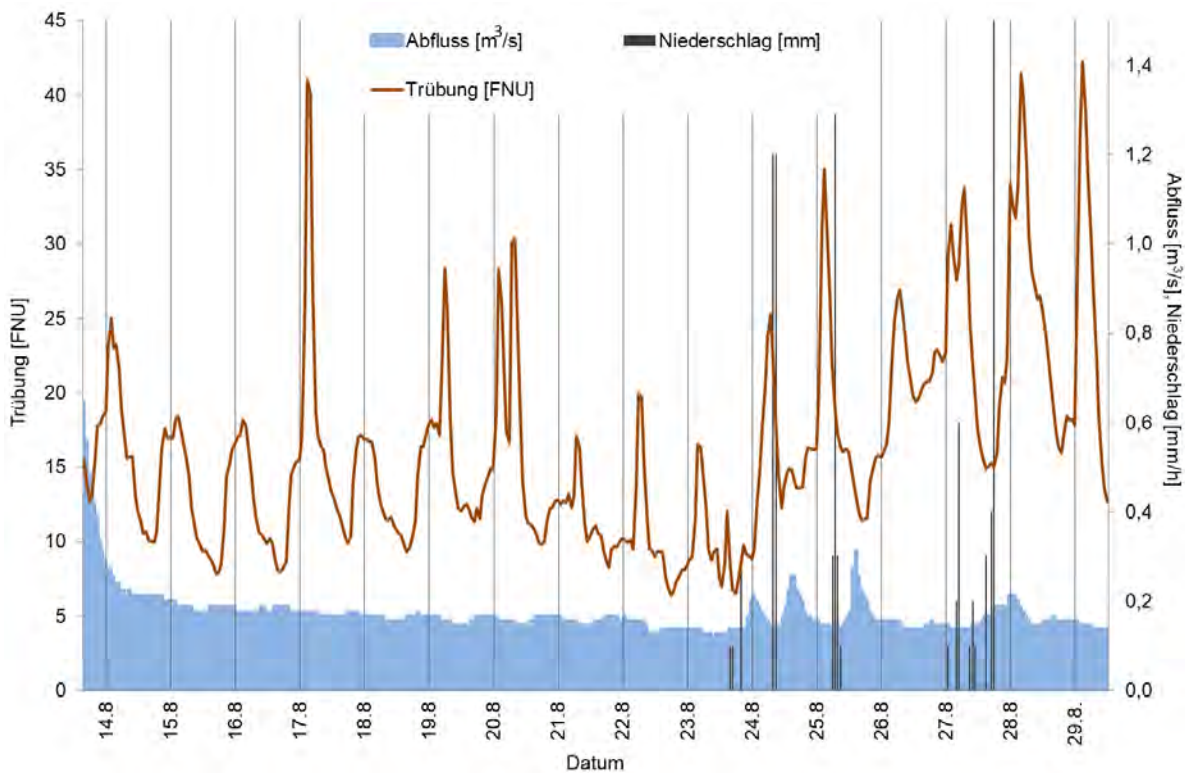


Abb. 3.2.2-6: Tageszyklen der Trübung bei Trockenwetter (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) und Niederschlag (Wetterstation *Wustweiler*) (13. bis 29. August 2018)

3.2.3 Vergleich mit den Anforderungen und Schwellenwerten

Während des Messzeitraumes (1. Juli 2018 bis 30. Oktober 2019) lagen in der Ill in *Eppelborn* die Werte für Nitrat-N in 36% der Fälle über dem im Methodenhandbuch festgeschriebenen Schwellenwert [7] (siehe Kapitel 2.3.1) (Tabelle 3.2.3-1).

Die Konzentrationen von Ammonium überschritten die Anforderungen der gemäß OGewV [6] für den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial in über einem Viertel der Messungen, die TOC-Gehalte überschritten in 15% der Fälle die Anforderungen von 7 mg/l. Hingegen lagen die Gehalte von Gesamt-Phosphor nur in Einzelfällen, die Gehalte von ortho-Phosphat nur in 15% der Fälle innerhalb der Anforderungen von 0,1 bzw. 0,07 mg/l. Die rechnerisch ermittelten Ammoniak-Gehalte zeigen in fast 23% der Messungen Überschreitungen des Anforderungswertes.

Die pH-Werte lagen nur vereinzelt oberhalb des geforderten Bereiches. Die Wassertemperaturen wurden in 3%, die Sauerstoff-Konzentrationen in 10%, der Messungen überschritten. Das 10%-

Perzentil (P10) der Sauerstoff-Messungen über den gesamten Messzeitraum liegt bei 11,7 mg/l, das entsprechende 90%-Perzentil (P90) bei 6,99 mg/l.

Ein Vergleich der Über- bzw. Unterschreitungen der Anforderungen an den 3 Standorten in *Marpingen*, *Eppelborn* und an der *Knorscheider Mühle* findet sich in Kapitel 3.4., nähere Erläuterungen zu Tabelle 3.2.3-1 sind in Kapitel 2.3.1 gegeben.

Tabelle 3.2.3-1: Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der III in *Eppelborn* vom 1. Juli 2018 bis 30. Oktober 2019, Schwellenwerte für Nitrat und Nitrit gemäß Methodenhandbuch für Gewässergüteklasse 2 [7], Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial für Gewässertyp 9.1 gemäß Anlage 7 OGewV [6] 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 [mg/l]	PO ₄ -P [mg/l]	P _{ges} [mg/l]	TOC [mg/l]	NH ₃ -N [μg/l]
Mittelwert	2,62	0,035	0,099	3,65	0,181	0,232	6,18	0,771
Median	2,05		0,008		0,169	0,215	5,95	0,171
Minimum	0,953	n.n.	n.n.	2,26	0,033	0,087	2,34	n.n.
Maximum	6,48	0,138	> 2	8,62	0,665	1,33	24,6	34,4
Schwellenwert/ Anforderung	≤ 2,48	≤ 0,03	≤ 0,1	≤ 3	≤ 0,07	≤ 0,1	≤ 7	≤ 2
Anzahl Werte (n)	11565	61	11128	61	11082	11182	10369	9826

	pH- Wert	Sauerstoff [mg/l]	Temperatur [°C]	Leitfähigkeit [μS/cm]	Abfluss [m ³ /s]
Mittelwert	7,77	9,09	12,8	419	0,971
Median	7,78	8,81	12,9	407	0,255
Minimum	7,04	1,29	1,81	120	0,111
Maximum	8,74	14,8	23,9	977	18,9
Anforderung	7 – 8,5	≥ 7	≤ 21,5	-	
Anzahl Werte (n)	11384	11302	11241	11366	11698

Die Daten sind im Anhang zusätzlich in Form von Box-Whisker-Plots dargestellt (Abb. 8-7 a bis d).

3.2.4 Frachten

Der Verlauf der Nährstofffrachten über den gesamten Messzeitraum an der Ill in *Eppelborn* ist in Abb. 3.2.4-1 und 3.2.4-2 dargestellt. Generell zeigen sich, wie natürlich auch in den Konzentrationen, bei allen Nährstoffen während der Wintermonate deutlich höhere Grundfrachten als in den wärmeren Monaten, zudem sind unterschiedlich hohe Belastungen aus Mischwasserentlastungsbauwerken zu erkennen.

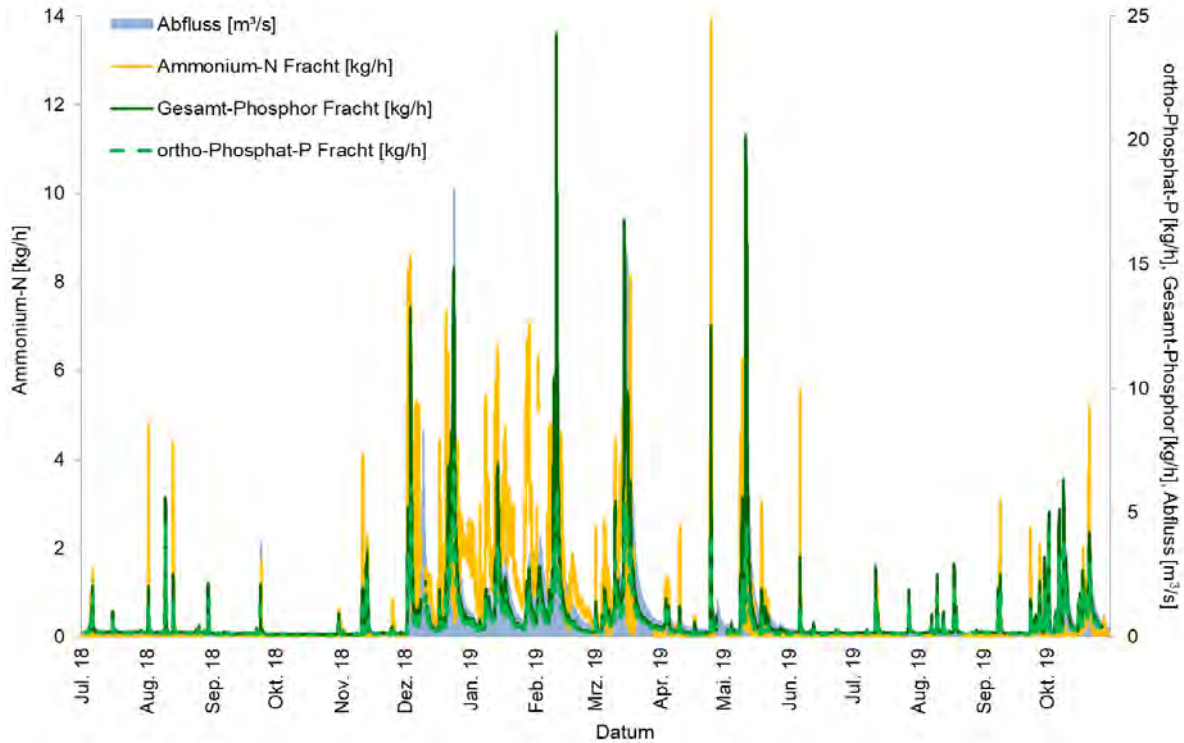


Abb. 3.2.4-1: Verlauf der Frachten von Ammonium, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat (Station *Eppelborn*) über den gesamten Messzeitraum

Vereinzelte Nitrat-Spitzen sind Anzeichen auf Einträge von Düngemitteln aus landwirtschaftlichen Flächen nach Regen (Abb. 3.2.4-2).

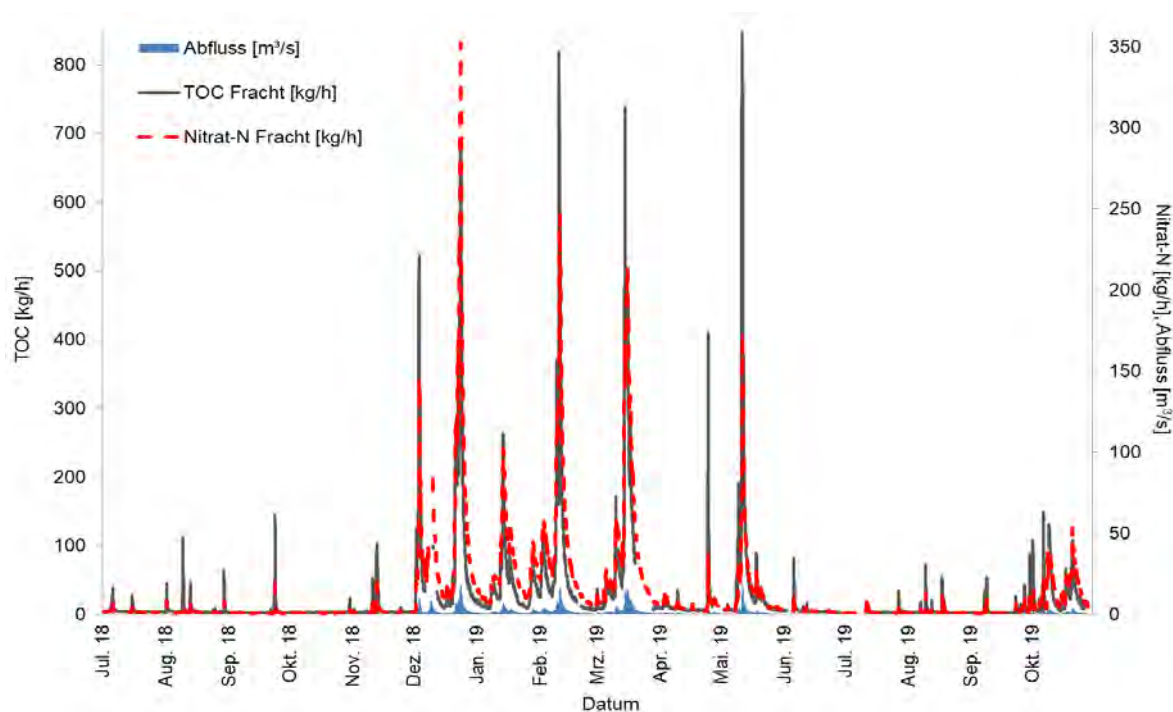


Abb. 3.2.4-2: Verlauf der Frachten von Nitrat und TOC (Station *Eppelborn*) über den gesamten Messzeitraum

Eine Übersicht über die Frachten der Nährstoffe, die für den gesamten Messzeitraum 2018/2019 an der II in Eppelborn ermittelt wurden, findet sich in Tabelle 3.2.4-1 sowie in Form von Box-Whisker-Plots im Anhang (Abb. 8-8 a bis d).

Tabelle 3.2.4-1: Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Frachten der Stundenmittelwerte der Nährstoffe und des Abflusses sowie Gesamtfracht der Ill in *Eppelborn* über den gesamten Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 30. Oktober 2019)

Frachten	NO ₃ -N [kg/h]	NH ₄ -N [kg/h]	P _{ges} [kg/h]	davon PO ₄ -P [kg/h]	TOC [kg/h]	NH ₃ -N [g/h]	Abfluss [m ³ /h]
Mittelwert	12,8	0,531	0,715	0,455	26,6	2,77	0,971
Median	2,4	0,009	0,213	0,158	6,77	0,158	0,255
Minimum	0,525	n.n.	0,079	0,064	1,64	n.n.	0,111
Maximum	352	13,9	24,3	7,41	847	79,6	19,0
Gesamtfracht	149 t	6,21 t	8,37 t	5,32 t	311 t	32,2 kg	

Wie auch für den Alsbach wurde das Kriterium des Abfluss-Medianes (vgl. Kapitel 2.3.2) auch auf die Frachten der Ill angewandt, sodass sich daraus die in Abb. 3.2.4-3 dargestellte Einteilung ergibt.

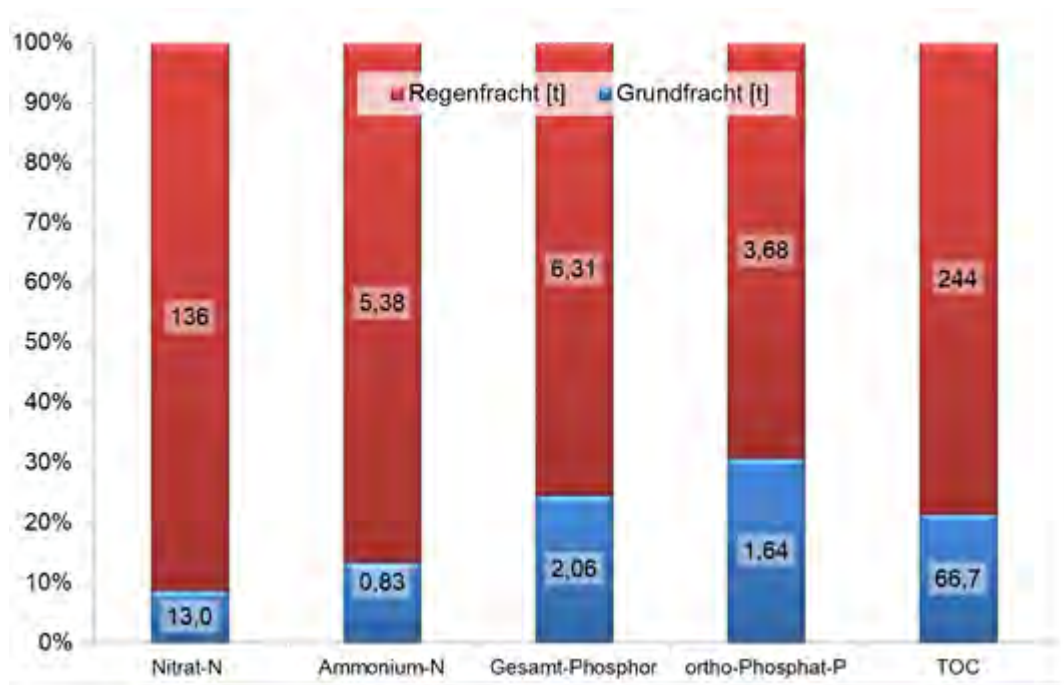


Abb. 3.2.4-3: Prozentualer Anteil der Grundfrachten und „Regen“-Frachten an der Gesamtfracht und in absoluten Mengen in Tonnen als Zahlenangaben auf den Balken in der Ill (Station *Eppelborn*) über den gesamten Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 31. Oktober 2019)

Diese Frachtanteile wurden dann den in Kapitel 2.3.2 erläuterten Kategorien zugeteilt, das Ergebnis ist Tabelle 3.2.4-2 zu entnehmen.

Tabelle 3.2.4-2: Berechnete Herkunft der Frachten (Prozent-Angaben in Klammern) in der Ill (Station *Eppelborn*) über den gesamten Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 31. Oktober 2019)

Tonnen	Landwirtschaft	Kläranlagen	Mischwasserentlastung	Grundwasser	Summe
Gesamt-Stickstoff [t]	133 (86)	17,1 (11)	5,38 (3)	0	155
Gesamt-Phosphor [t]	2,62 (31)	2,06 (25)	3,69 (44)	-	8,37

Es zeigt sich, dass mit rechnerisch etwa 86% die weitaus größte Menge an Gesamt-Stickstoff aus der Landwirtschaft stammt, der aus der übrigen Landschaft eingetragene Anteil kann nicht berücksichtigt werden. Kommunales Abwasser hat nur einen geringen Anteil an der Belastung mit Gesamt-Stickstoff, da dieser in der Summe hauptsächlich Nitrat-bürtig ist (Abb. 3.2.4-4). Einträge über das Grundwasser haben keine Bedeutung. Dies korrespondiert mit der Annahme, dass die Böden im Einzugsgebiet der Ill ein mittleres Nitratrückhaltevermögen ausweisen (vgl. Kapitel 2.2)¹⁷.

Hingegen ist der Anteil der Phosphoreinträge aus der Landwirtschaft mit etwa einem Drittel (31%) sehr viel geringer. Große Mengen an Gesamt-Phosphor im Einzugsgebiet stammen aus Kläranlagen und vor allem aus der Mischwasserentlastung, summarisch etwa 70 %.

Ein direkter Vergleich der Frachten von Alsbach, Ill und Theel ist – für den gemeinsamen Zeitraum – in Kapitel 3.4 beschrieben.

¹⁷ Über die Belastung des Grundwassers im Einzugsgebiet der Ill liegen keine Informationen vor (vgl. Kapitel 4.3).

3.3 Theel an der Knorscheider Mühle

3.3.1 Nährstoffe

Ebenso wie der Messpunkt an der Ill ist auch der Standort an der Theel durch kommunales Abwasser geprägt. Die Grundgehalte von Phosphor bewegen sich an beiden Standorten im selben Bereich um 0,2 bis 0,3 mg/l P. In Niedrigwasserphasen wird der Einfluss der Kläranlage an der *Knorscheider Mühle* besonders gut sichtbar (Abb. 3.3.1-1). Denn einerseits steigen die Konzentrationen an Phosphor mit dem Rückgang der Wassermenge im Gewässer deutlich an. Zum anderen zeigen sich zudem die Einträge von Ammonium. Die tageszeitlichen Schwankungen in den Konzentrationen aller vier Parameter rühren dabei daher, dass je nach Tageszeit unterschiedliche Mengen an Abwasser anfallen. Die TOC-Gehalte stagnieren tendenziell, ebenso wie in der Ill auch, in Trockenwetterphasen auf demselben Niveau.

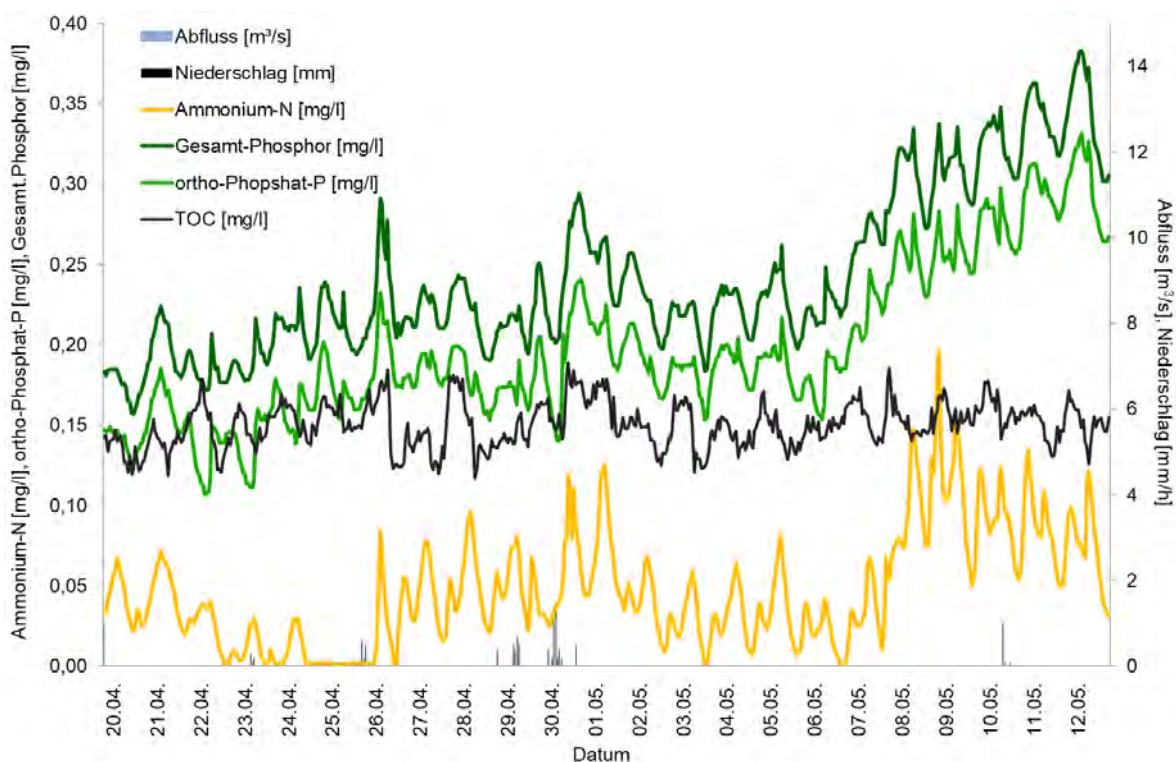


Abb. 3.3.1-1: Konzentrationen von ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor, Ammonium und TOC bei Niedrigwasser (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) (19. April. bis 12. Mai 2018)

Zudem treten häufig, teilweise gravierende, Konzentrationsanstiege aufgrund von Abschlüssen aus Mischwasserentlastungsanlagen auf. Sehr vereinzelt folgen auf diese Ereignisse zusätzlich Oberflächen-Einträge, durch die vornehmlich gelöste und an Partikel gebundene Substanzen von landwirtschaftlichen Flächen in das Gewässer gelangen. Besonders gut lässt sich dies anhand der Ereignisse in Abb. 3.3.1-2 darstellen (vgl. auch Beschreibung zu Abb. 3.1.1-4 und 3.2.1-5). Während des Eintrages am 7. Juni dominiert der Anteil an kommunalem Abwasser, was an den hohen Konzentrationen an Ammonium und gelöstem ortho-Phosphat zu erkennen ist. Am 8. und 9. Juni wird verstärkt Material über Oberflächenabfluss in das Gewässer transportiert, der Anteil des gelösten ortho-Phosphat an Gesamt-Phosphor ist recht gering, Ammonium ist (fast) nicht nachweisbar. Während des Ereignisses am 12./13. Juni schließlich überlagern sich die beiden Komponenten. Die

Abwasserfracht erreicht den Messpunkt etwas früher, das entsprechende Mischwasserentlastungsbauwerk liegt also in der Nähe des Messstandortes. Mit einer weiteren kleineren Wasserwelle in der Flanke des abklingenden Abflusses gelangt schließlich das oberflächlich abgespülte Regenwasser mit hohem Anteil an partikelgebundenem Phosphor in das Gewässer (in der Abb. durch den roten Rahmen markiert).

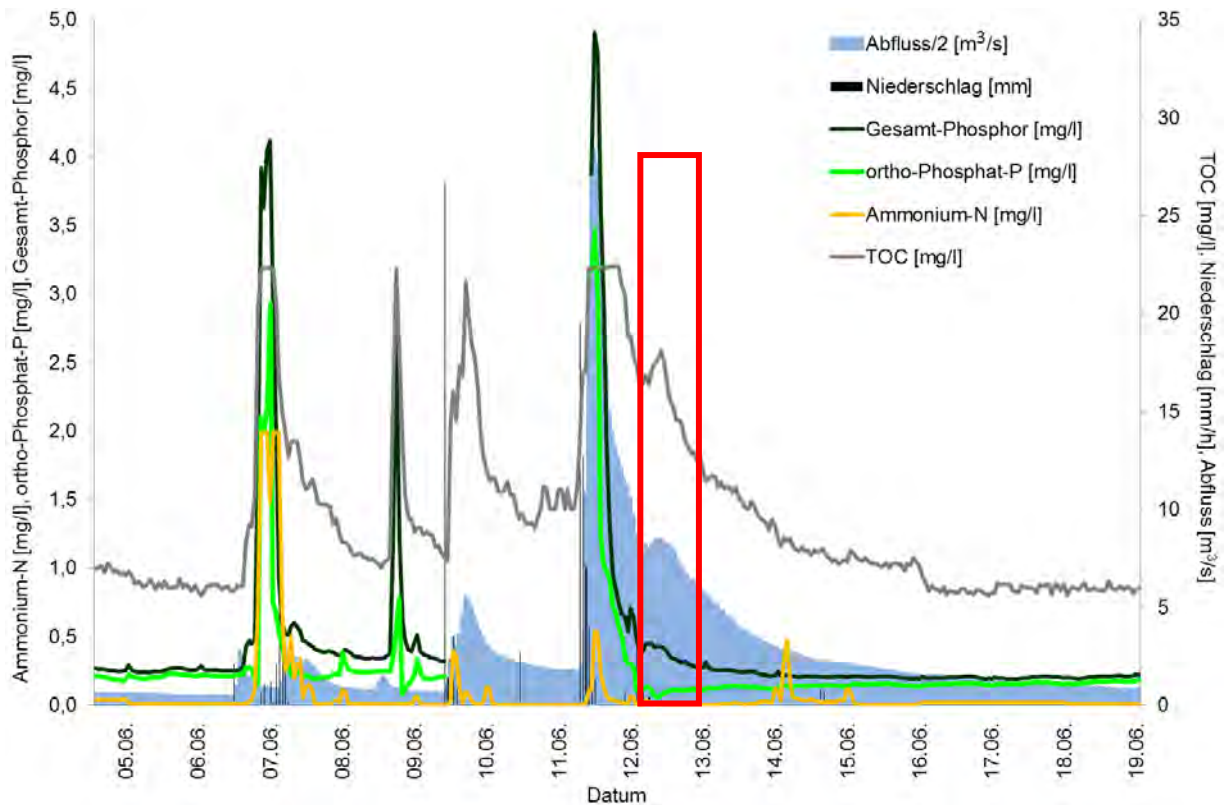


Abb. 3.3.1-2: Konzentrationsanstieg von Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat, Ammonium und TOC bei Regen (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) (04. bis 19. Juni 2018)

Ebenso wie an der Ill finden Einträge über Oberflächenabfluss nur selten statt, was, wie in Kapitel 3.2.1 beschrieben, die Betrachtung des Zusammenhangs der Konzentrationen von ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor bestätigt (Abb. 3.3.1-3).

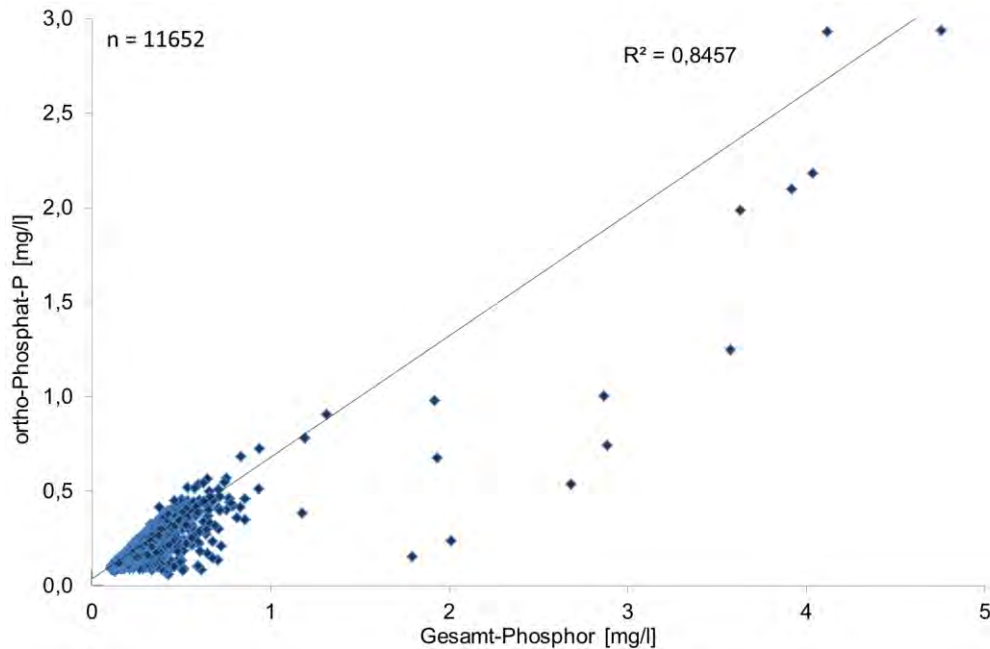


Abb. 3.3.1-3: Korrelation von ortho-Phosphat zu Gesamt-Phosphor über den gesamten Messzeitraum (Station *Knorscheider Mühle*)

Hingegen konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen TOC, Partikel gebundenem Phosphor, Trübung und dem Abfluss festgestellt werden, die auf verstärkte Einflüsse aus Oberflächenabspülungen hinweisen würden. Lediglich für das bereits in Abb. 3.3.1-2 im Zeitverlauf dargestellte Ereignis ergaben sich valide Korrelationen für die besagten Parameter (Abb. 3.3.1-4).

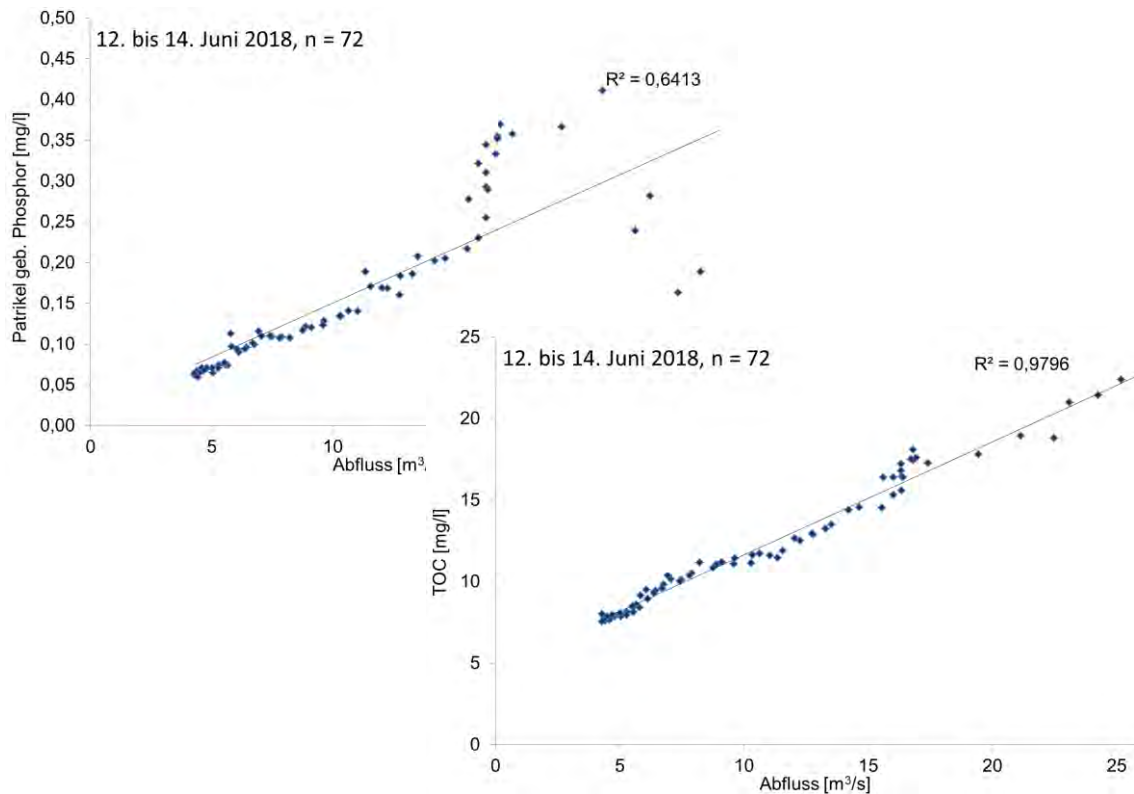


Abb. 3.3.1-4: Korrelationen von Gesamt-Phosphor (oben) und TOC (unten) (Station *Knorscheider Mühle*) zum Abfluss (Pegel *Lebach*) (12. bis 14. Juni 2018)

Wie auch an der Ill konnte während des gesamten Messzeitraumes keine Phase mit einem ausschließlichen Rückgang der ortho-Phosphat-Gehalte aufgezeichnet werden wie er sich aus einer Verdünnung bei Regen und einem Phosphoreintrag nur aus der Landwirtschaft ergeben würde - und auch der parallele Anstieg von ortho-Phosphat und Ammonium ist deutlich zu erkennen (Abb. 3.3.1-5), der auf kommunale Wässer oder Abschlüge aus Mischwasserentlastungen hinweist. Die roten Pfeile in der Abb. markieren die ungefähre Lage derjenigen Ereignisse, bei denen, wie für die Abb. 3.3.1-2 beschrieben, Einträge von Oberflächenabflüssen in der abnehmenden Flanke der Einträge aus Mischwasserentlastungen erfasst werden konnten.

Auch an diesem Standort dominieren also Einträge aus Mischwasserentlastung, erosionsbedingte Gewässerbelastungen sind eher selten.

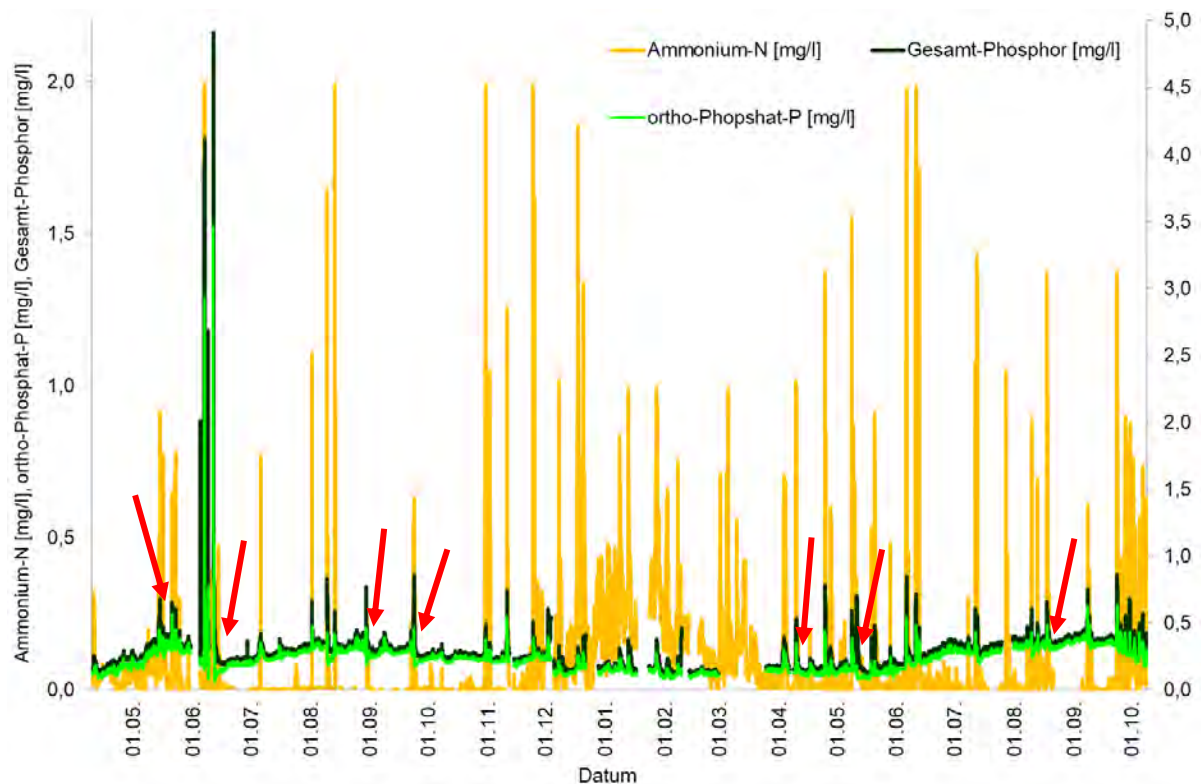


Abb. 3.3.1-5: Verlauf der Konzentrationen von Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat und Ammonium (Station *Knorscheider Mühle*) über den gesamten Messzeitraum

Ebenso wie an der Ill konnten auch an der Theel für Nitrat nur vereinzelte Einträge über Zwischenabfluss beobachtet werden. Ein Beispiel ist in Abb. 3.3.1-6 dargestellt. Nach dem Anstieg nehmen die Nitrat-Konzentrationen sehr langsam wieder ab. Dies ist darauf zurückzuführen, dass hier an der *Knorscheider Mühle* die Einträge aus dem gesamten Einzugsgebiet erfasst werden. Die Flächen, aus denen die Einträge erfolgen, liegen unterschiedlich weit von Messpunkt entfernt, so dass über einen längeren Zeitraum immer noch Nitrat aus entlegeneren Gebieten nachgeliefert wird.

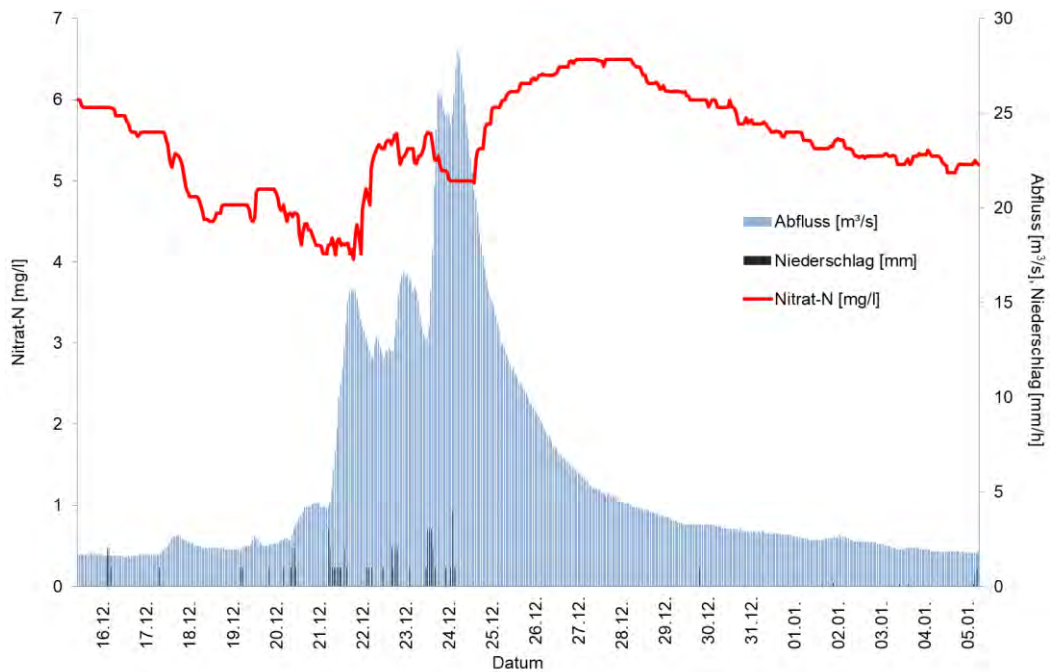


Abb. 3.3.1-6: Einträge von Nitrat über Zwischenabfluss (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) (16 Dezember 2018. bis 5. Januar 2019)

Am Standort *Knorscheider Mühle* spiegeln sich besonders für Nitrat die Mechanismen wider, die auch im oberen Teil des Einzugsgebietes zu beobachten sind. So weisen die Nitrat-Konzentrationen wie auch in Alsbach und Ill über den Sommer eine abnehmende Tendenz auf (Abb. 3.3.1-7). Grund dafür ist der steigende Umsatz von Stickstoff während der Vegetationsperiode an Land und im Wasser sowie ein abnehmender Transport von Nitrat aus den Flächen aufgrund geringer Niederschläge. Zudem kann, genau wie am Standort in *Eppelborn*, eine sprunghafte Zunahme der Grundgehalte von Nitrat von unter 2 mg/l auf über 6 mg/l zwischen dem 3. und 4. Dezember 2018 einhergehend mit einem Anstieg des Abflusses festgestellt werden.

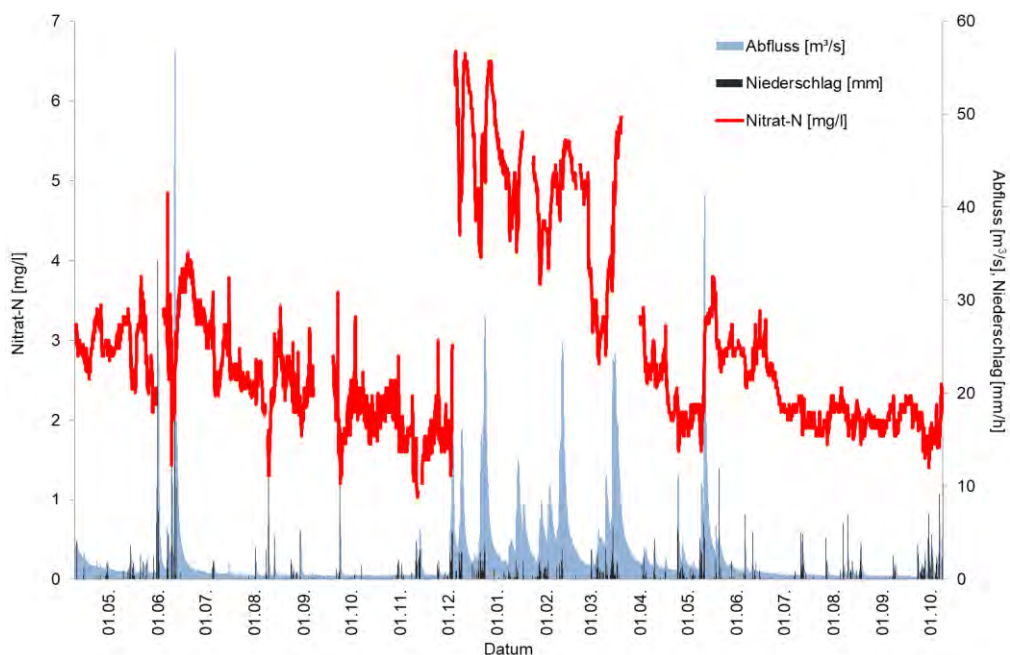


Abb. 3.3.1-7: Veränderung der Nitrat-Konzentrationen (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) über den gesamten Messzeitraum

Am Standort *Knorscheider Mühle* treten in Trockenwetterphasen - wie im Alsbach (vgl. Abb. 3.1.1-1) und ansatzweise in der III - ebensolche Tagesschwankungen von Nitrat und Trübung mit Spitzen um kurz nach Mitternacht auf (Abb. 3.3.1-8). Diese verlaufen ebenfalls entgegengesetzt zu den täglichen Minima und Maxima der Abflusskurve. Wie in Kapitel 3.1.1 und 3.2.2 bereits beschrieben könnte die Tageszyklen des TOC und der Trübung auf die nächtliche Fraß-Aktivität verschiedener Tierarten zurückgeführt werden. Dabei wird sedimentiertes Material aufgewirbelt, welches neben einer Zunahme der TOC-Gehalte auch zu einem Anstieg der Trübung im Wasser führen könnte, und welches bei Tageslicht wieder auf den Gewässerboden zurücksinkt [9].

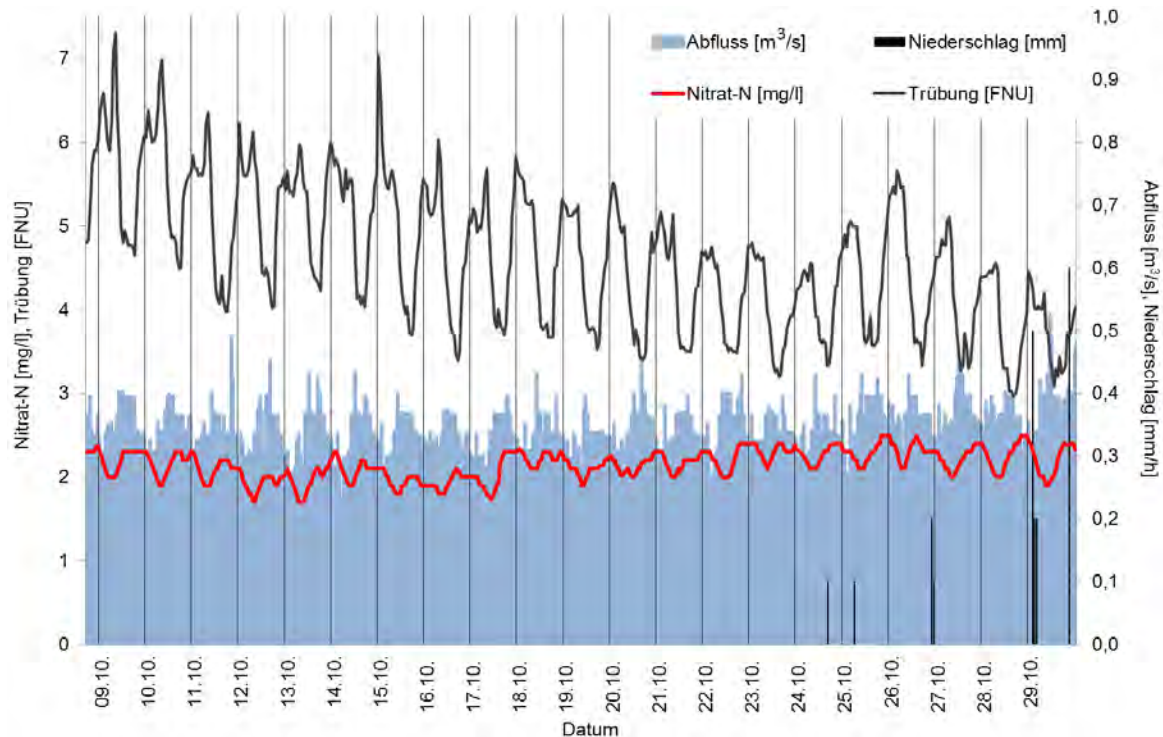


Abb. 3.3.1-8: Tageszyklen von Nitrat und Trübung (Station *Knorscheider Mühle*) und des Abflusses (Pegel *Lebach*) in Trockenphasen sowie Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) (9. bis 29. Oktober 2018)

Hinsichtlich der Ammonium-Gehalte im Wasser können wie auch an der III unterschiedliche Grundbelastungen während der kühleren und der wärmeren Monate unterschieden werden. Bis etwa Mitte Juni und ab Mitte November sind die Grundgehalte im Wasser deutlich höher als im Sommer, da die bakterielle Nitrifikation bei Wassertemperaturen unter 10°C nur sehr eingeschränkt abläuft (Abb. 3.3.1-9). Die Ammonium-Belastungen stammen, wenn nicht aus Mischwasserentlastungsanlagen eingetragen, zumeist aus den kommunalen Kläranlagen und werden unter aeroben Verhältnissen im Gewässer relativ rasch abgebaut. Die Abbauleistung der Kläranlagen ist in Bezug auf Ammonium stark temperaturabhängig und läuft im Winter weniger effektiv ab. Da sich der Standort *Knorscheider Mühle* recht nah an der Kläranlage *Lebach* befindet, sind die Ammonium-Belastungen sowie deren jahreszeitliche Unterschiede am Messpunkt gut zu erkennen. Zudem zeigen sich in der Übersicht des gesamten Messzeitraumes immer wieder meist sehr hohe, sprunghafte Zunahmen der Ammonium-Konzentration, die auf Mischwasserentlastungen zurückzuführen sind.

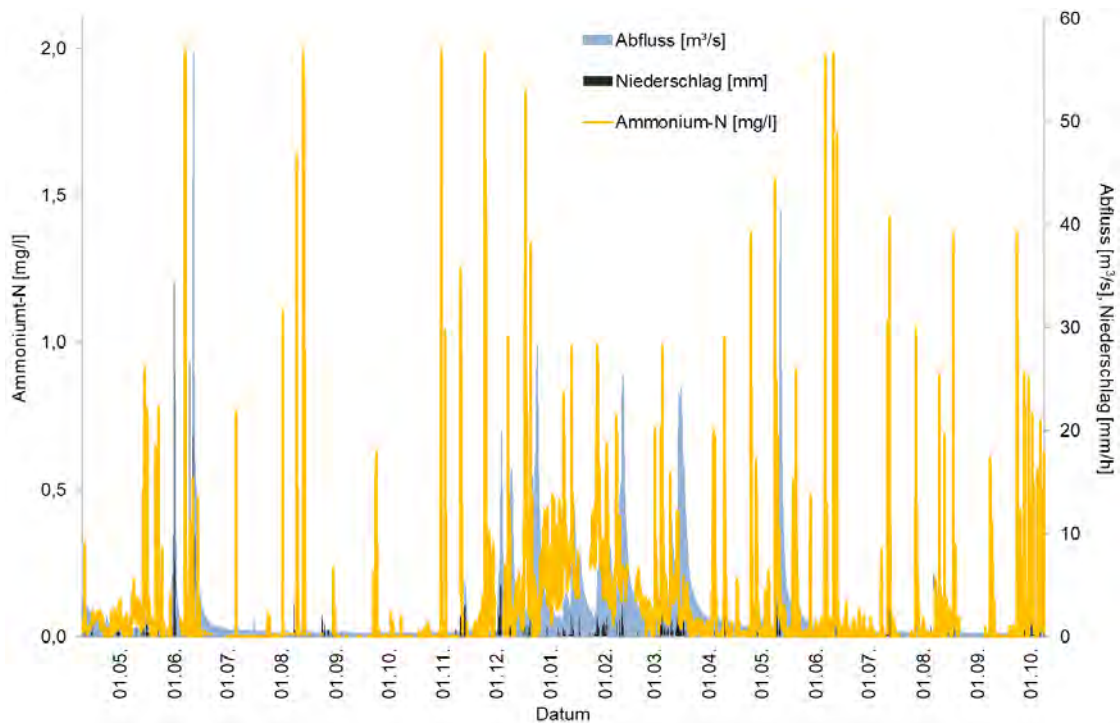


Abb. 3.3.1-9: Konzentrationen von Ammonium (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) über den gesamten Messzeitraum

Über den gesamten Messzeitraum von 18 Monaten konnten über 50 solcher Eintragsereignisse aufgezeichnet werden.

Wie auch an den beiden anderen Messstandorten bedingt ein Anstieg von Ammonium bei erhöhten Wassertemperaturen und entsprechenden pH-Werten die Bildung von Ammoniak (vgl. Kapitel 3.1.1) (Abb. 3.3.1-10). So erreichten die Ammoniak-Konzentrationen am Standort an der *Knorscheider Mühle* während des Messzeitraumes einen Maximalwert von 33,8 $\mu\text{g/l}$ und bewegten sich insgesamt 1407 Stunden über dem Grenzwert von 2 $\mu\text{g/l}$.

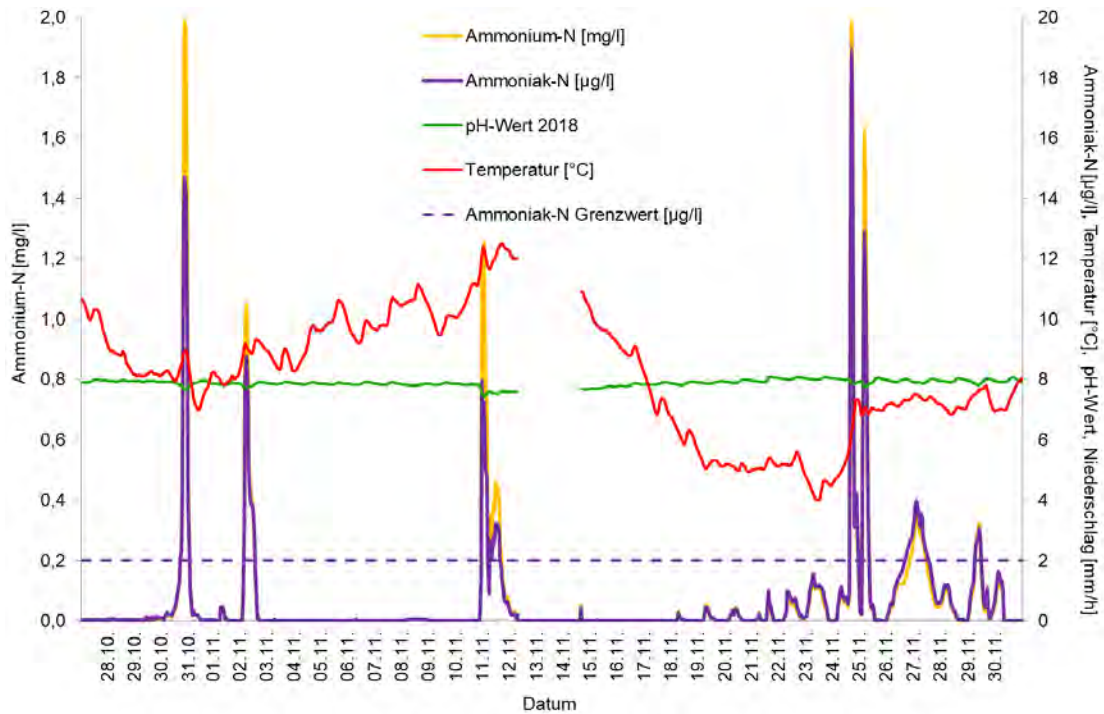


Abb. 3.3.1-10: Gehalte von Ammoniak in Abhängigkeit von Ammonium, pH-Wert und Temperatur (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) (27. Oktober bis 30. November 2018)

3.3.2 Chemisch-physikalische Messgrößen

Im Frühjahr treten an der *Knorscheider Mühle* leichte Tagesschwankungen der Sauerstoff-Gehalte und der pH-Werte durch photosynthetische Aktivität im Gewässer auf (vgl. Kapitel 3.1.2 und 3.2.2) (Abb. 3.3.2-1).

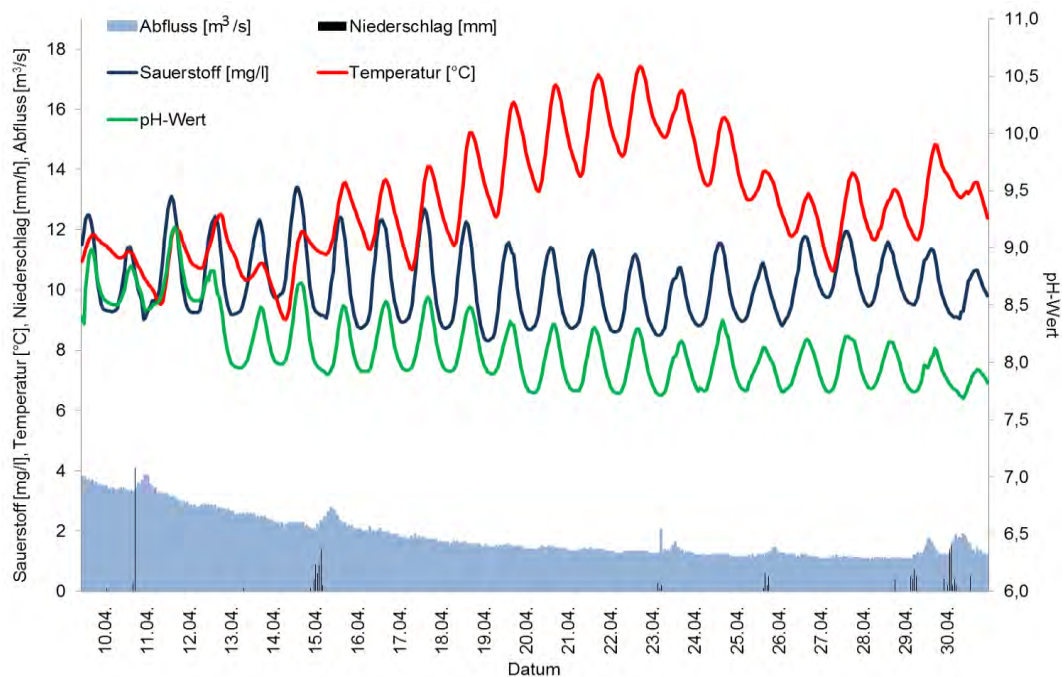


Abb. 3.3.2-1: Tageszyklen von Sauerstoff, Temperaturen und pH-Wert (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) (9. bis 30. April 2018)

Die Sauerstoff-Gehalte liegen während der kühleren Monate in *Lebach* fast ausschließlich unter dem Wert der theoretischen Sättigung. Vereinzelt zu erkennende größeren Sauerstoff-Defizite sind durch Einträge aus Mischwasserentlastungsanlagen bedingt (Abb. 3.3.2-2). In Phasen verstärkter Photosynthese im Frühjahr ist das Gewässer in der Regel tagsüber mit Sauerstoff übersättigt ist (rot markierte Daten für das Jahr 2018 und gelb markierte Daten für das Jahr 2019). Wie auch an den beiden anderen Standorten ist dies ein Hinweis auf eine verstärkte Eutrophierung des Gewässers. Deutlich zu erkennen ist zudem, dass die Wassertemperaturen aufgrund des sehr warmen Wetters im Frühjahr 2018 (rot markierte Daten) sehr viel höher waren als im selben Zeitraum ein Jahr später (gelb markierte Daten). Die Höhe der tageszeitlichen Amplituden ist dennoch vergleichbar.

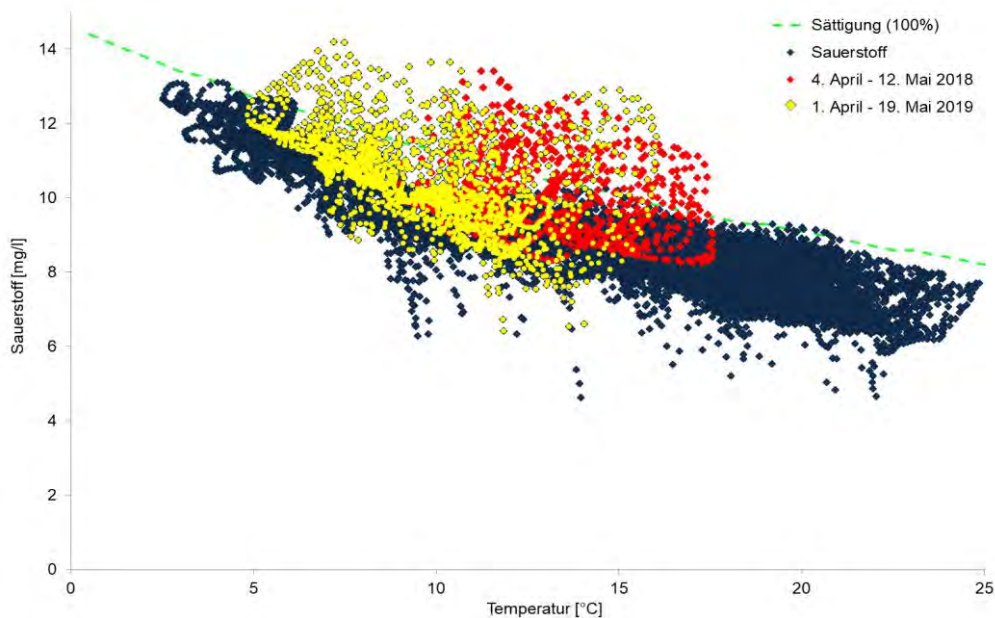


Abb. 3.3.2-2: Verlauf der Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Knorscheider Mühle*) sowie theoretische Sauerstoff-Sättigung über den gesamten Messzeitraum

Die in der obenstehenden Abb. zu sehenden Sauerstoff-Defizite sind durch Einträge aus Mischwasserentlastungsanlagen verursacht. Besonders die hohen Gehalte von Ammonium und TOC führen zur Zehrung von Sauerstoff (Abb. 3.3.2-3). Das absolute innerhalb des Messzeitraumes erfasste Sauerstoff-Minimum betrug 4,65 mg/l. Angesichts der extremen Niedrigwassersituation im Sommer 2018 ist dies noch ein recht hoher Wert (vgl. auch Kapitel 3.3.4).

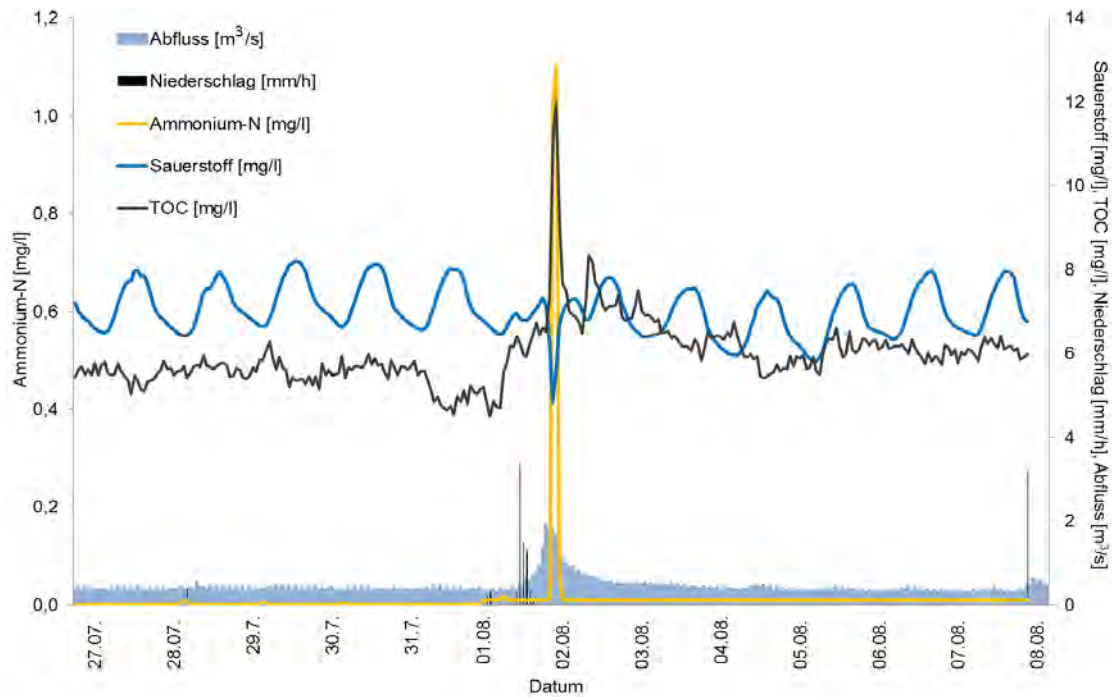


Abb. 3.3.2-3: Sauerstoff-Defizit durch Einleitungen von Ammonium und TOC bei Regen (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) (27. Juli bis 8. August 2018)

Ebenso wie an Alsbach und Ill zeigt sich über den Sommer wegen der allgemeinen Abnahme der Wassermenge in der Theel ein Anstieg der Leitfähigkeit (Abb. 3.2.2-4), und diese nimmt bei Regenereignissen infolge der Verdünnung der Salzgehalte durch das Regenwasser jeweils sprunghaft ab. Die Leitfähigkeit der Theel liegt im Mittel bei $472 \mu\text{S}/\text{cm}$ und damit etwas höher als am Alsbach im vergleichbaren Zeitraum.

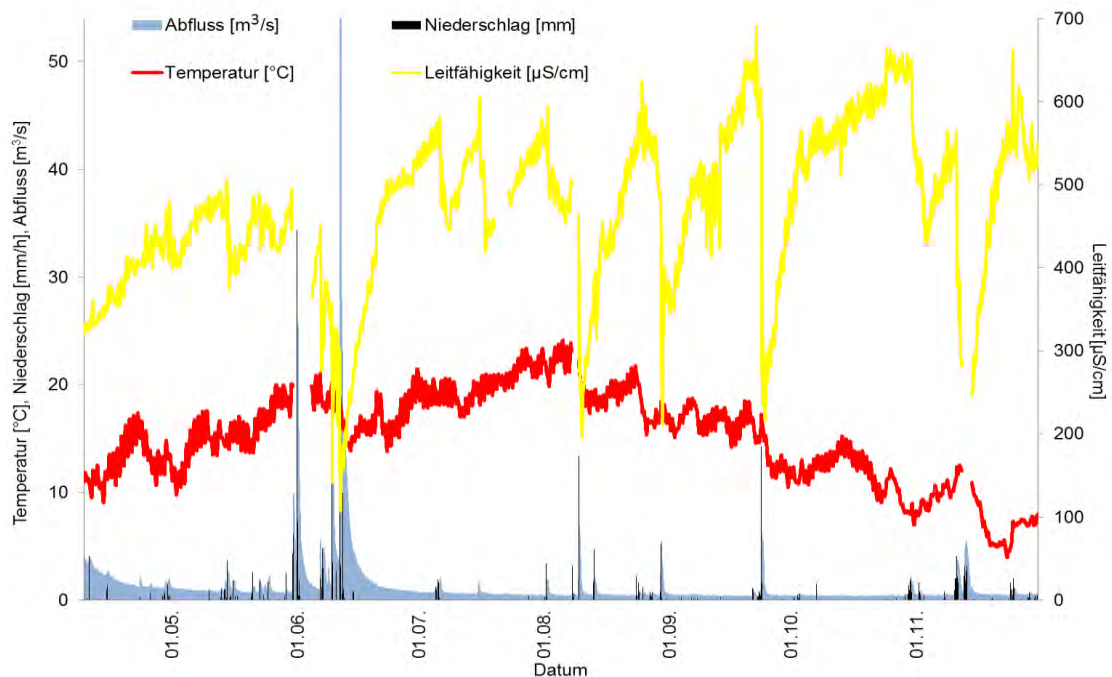


Abb. 3.3.2-4: Verlauf von Leitfähigkeit und Temperaturen (Station *Knorscheider Mühle*) sowie Abfluss (Pegel *Lebach*) und Niederschlag (Wetterstation *Lebach*) über den gesamten Messzeitraum

3.3.3 Vergleich mit den Anforderungen und Schwellenwerten

Während des Messzeitraumes (9. April bis 8. Oktober 2019) lagen in der Theel an der *Knorscheider Mühle* die Werte für Nitrat-N in 54% der Fälle über dem im Methodenhandbuch festgeschriebenen Schwellenwert [7] (siehe Kapitel 2.3.1) (Tabelle 3.3.3-1).

Die Konzentrationen von Ammonium überschritten die Anforderungen gemäß OGeV [6] für den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial in etwa 26% der Messungen und die TOC-Gehalte in 18% der Fälle die Anforderungen von 7 mg/l. Hingegen lagen die Gehalte von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat (bis auf 2 Werte) grundsätzlich über den Anforderungen von 0,07 bzw. 0,1 mg/l. Die rechnerisch ermittelten Ammoniak-Gehalte zeigen in 24% der Messungen Überschreitungen des Anforderungswertes.

Die pH-Werte bewegten sich vereinzelt oberhalb des geforderten Bereiches. Die Anforderungen für die Wassertemperaturen wurden in 4%, die für Sauerstoff in 5% der Messungen überschritten. Das 10%-Perzentil (P10) der Sauerstoff-Messungen über den gesamten Messzeitraum liegt bei 11,6 mg/l, das entsprechende 90%-Perzentil (P90) bei 7,3 mg/l.

Ein Vergleich der Über- bzw. Unterschreitungen der Anforderungen an den 3 Standorten in *Marpingen*, *Eppelborn* und an der *Knorscheider Mühle* findet sich in Kapitel 3.4., nähere Erläuterungen zur Tabelle sind in Kapitel 2.3.1 gegeben. Die Daten sind im Anhang zusätzlich in Form von Box-Whisker-Plots dargestellt (Abb. 8-9 a bis d).

Tabelle 3.3.3-1: Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Theel in *Knorscheider Mühle* vom 9. April 2018 bis 8. Oktober 2019, Schwellenwerte für Nitrat und Nitrit gemäß Methodenhandbuch für Gewässergüteklasse 2 [7], Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial für Gewässertyp 9.1 gemäß Anlage 7 OGeV [6] 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 [mg/l]	PO ₄ -P [mg/l]	P _{ges} [mg/l]	TOC [mg/l]	NH ₃ -N [µg/l]
Mittelwert	2,91	0,043	0,089	3,85	0,231	0,275	6,27	0,789
Median	2,6		0,022		0,230	0,268	5,96	0,116
Minimum	1,03	n.n.	n.n.	2,11	0,059	0,108	2,61	n.n.
Maximum	6,62	0,161	> 2	9,17	3,46	4,91	22,4	33,8
Schwellenwert/ Anforderung	≤ 2,48	≤ 0,03	≤ 0,1	≤ 3	≤ 0,07	≤ 0,1	≤ 7	≤ 2
Anzahl Werte (n)	12064	72	10417	71	11652	11652	11433	12574

	pH- Wert	Sauerstoff [mg/l]	Temperatur [°C]	Leitfähigkeit [µS/cm]	Abfluss [m ³ /s]
Mittelwert	7,85	9,18	13,9	417	2,18
Median	7,85	8,87	14,6	417	0,875
Minimum	7,16	4,62	2,54	100	0,233
Maximum	9,18	14,2	24,9	904	54,7
Anforderung	7 – 8,5	≥ 7	≤ 21,5		
Anzahl Werte (n)	12527	12717	12360	12507	13141

3.3.4 Frachten

Am Standort an der *Knorscheider Mühle* kumulieren sich die Frachten des gesamten Einzugsgebietes, wodurch es natürlich bei allen Nährstofffrachten zu Spitzenwerten kommt. Vor allem für Gesamt-Phosphor, TOC und Nitrat zeigen sich hier sehr hohe Spitzengehalte (Abb. 3.3.4-1 und 3.3.4-2).

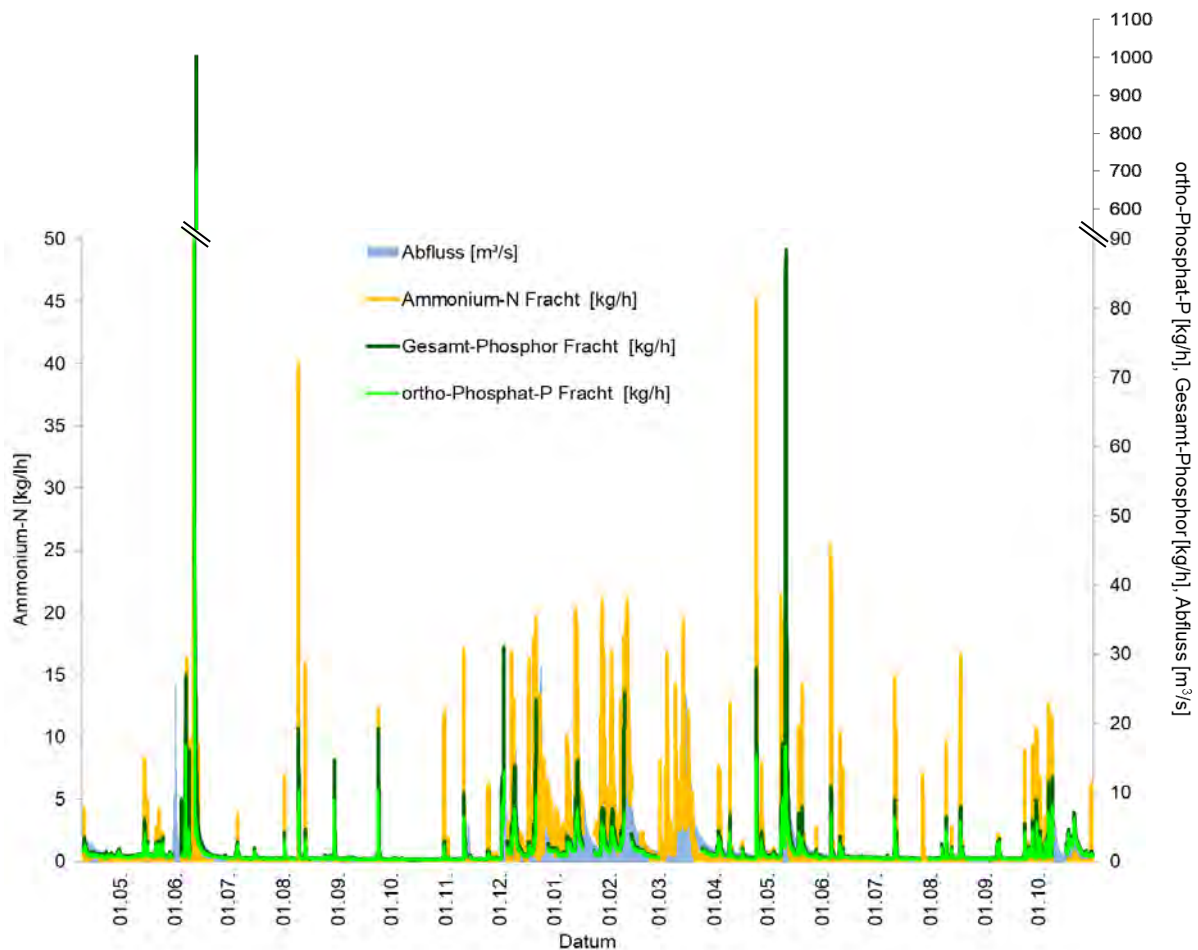


Abb. 3.3.4-1: Verlauf der Frachten von Ammonium, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat (Station *Knorscheider Mühle*) über den gesamten Messzeitraum

Wie an den anderen Standorten sind auch hier Einträge von Düngemitteln aus landwirtschaftlichen Flächen nach Regen anhand des Anstieges der Nitrat-Frachten zu erkennen (Abb. 3.3.4-2).

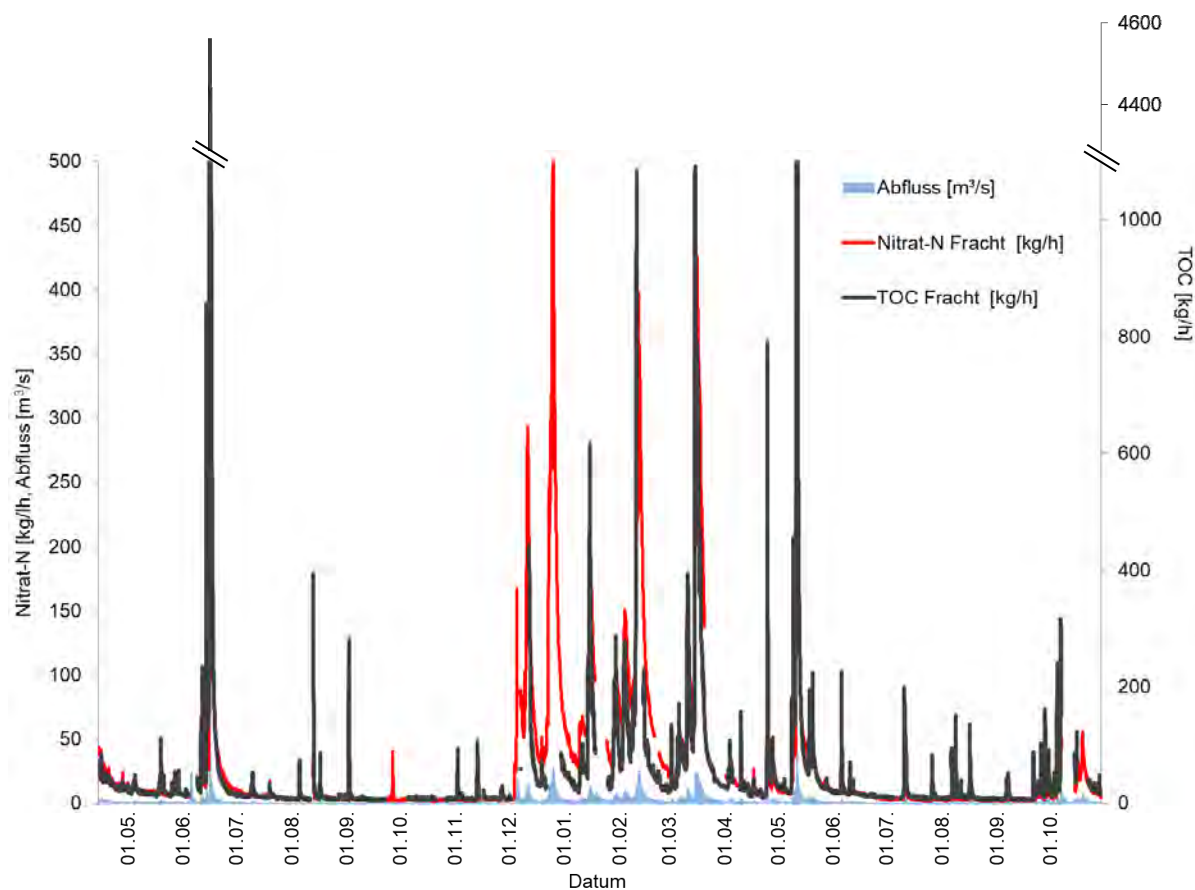


Abb. 3.3.4-2: Verlauf der Frachten von Nitrat und TOC (Station *Knorscheider Mühle*) über den gesamten Messzeitraum

Eine Übersicht über die Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Frachten der Nährstoffe, die für den gesamten Messzeitraum 2018/2019 an der *Knorscheider Mühle* für die Theel ermittelt wurden, findet sich in Tabelle 3.3.4-1. sowie in Form von Box-Whisker-Plots im Anhang (Abb. 8-10 a bis d).

Tabelle 3.3.4-1: Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Frachten der Stundenmittelwerte der Nährstoffe und des Abflusses sowie Gesamtfracht der Theel an der *Knorscheider Mühle* über den gesamten Messzeitraum (9. April 2018 bis 8. Oktober 2019)

Frachten	NO ₃ -N [kg/h]	NH ₄ -N [kg/h]	P _{ges} [kg/h]	davon PO ₄ -P [kg/h]	TOC [kg/h]	NH ₃ -N [g/h]	Abfluss [m ³ /h]
Mittelwert	28,4	1,27	1,84	1,25	53,2	10,5	2,18
Median	9,01	0,271	0,792	0,661	22,2	1,08	0,924
Minimum	1,49	n.n.	0,219	0,189	4,23	n.n.	0,233
Maximum	508	110	1003	708	4559	823	56,7
Gesamtfracht	386 t	17,3 t	24,3 t	16,5 t	705 t	144 kg	

Das Kriterium des Abfluss-Medianes wurde, wie in Kapitel 2.3.2 beschrieben, auch auf die Frachten der Theel angewandt, sodass sich daraus die in Abb. 3.3.4-3 dargestellte Einteilung ergibt.

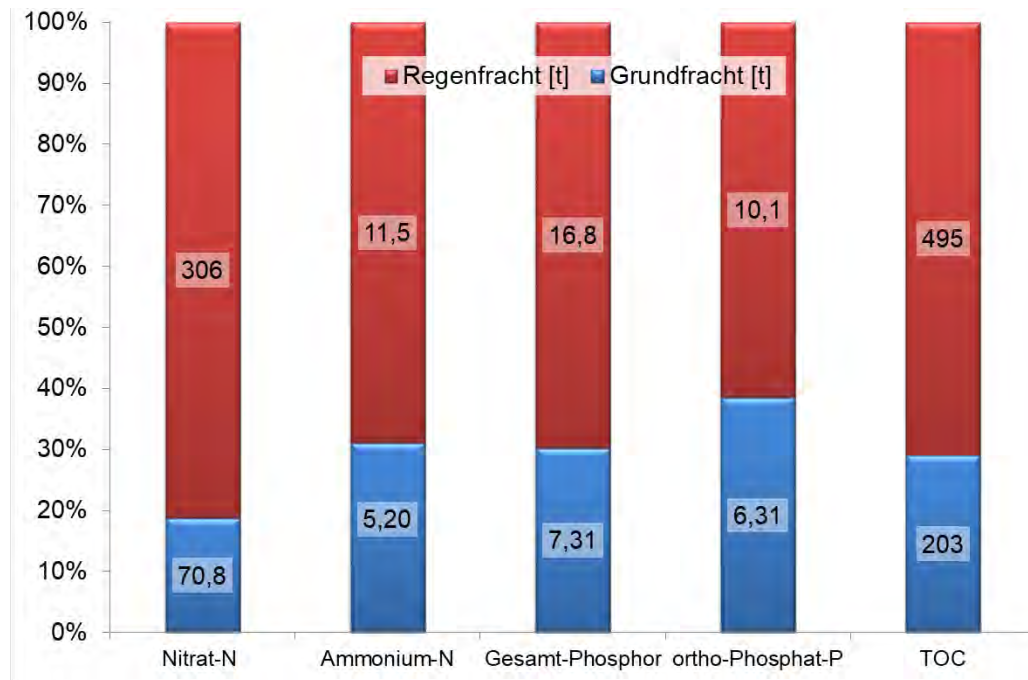


Abb. 3.3.4-3: Prozentualer Anteil der Grundfrachten und Frachten bei Regen an der Gesamtfracht und in absoluten Mengen in Tonnen als Zahlenangaben auf den Balken in der Theel (Station *Knorscheider Mühle*) über den gesamten Messzeitraum (9. April 2018 bis 8. Oktober 2019)

Diese Frachtanteile wurden dann den in Kapitel 2.3.2 erläuterten Kategorien zugeteilt, welche der Tabelle 3.3.4-2 zu entnehmen sind.

Tabelle 3.3.4-2: Berechnete Herkunft der Frachten (Prozent-Angaben in Klammern) in der Theel (Station *Knorscheider Mühle*) über den gesamten Messzeitraum (9. April 2018 bis 8. Oktober 2019)

Tonnen	Landwirtschaft	Kläranlagen	Mischwasserentlastung	Grundwasser	Summe
Gesamt-Stickstoff [t]	306 (78)	50,9 (13)	11,5 (3)	25,3 (6)	394
Gesamt-Phosphor [t]	6,74 (28)	7,31 (30)	10,1 (42)	-	24,1

Es zeigt sich, dass mit rechnerisch etwa 78% die weitaus größte Menge an Gesamt-Stickstoff im Einzugsgebiet aus der Landwirtschaft stammt, der aus der übrigen Landschaft eingetragene Anteil kann nicht berücksichtigt werden. Kommunales Abwasser hat nur einen geringen Anteil an der Belastung mit Gesamt-Stickstoff. Ein geringer Anteil der Einträge (6%) kann darüber hinaus dem Grundwasser zugeordnet werden, dies korrespondiert mit den Daten, die an 6 Grundwassermessstellen im unteren Einzugsgebiet der Theel anhand der Beprobungen durch LUA ermittelt wurden. Eine detaillierte Erläuterung dazu ist in Kapitel 4.3 gegeben.

Der mit 42% größte Anteil der ermittelten Phosphor-Mengen ist den Mischwasserentlastungen zuzuordnen, der Anteil der Phosphoreinträge aus Kläranlagen (30%) und aus der Landwirtschaft (28%) ist hingegen deutlich geringer (vgl. auch Kapitel 4.2.3).

Ein direkter Vergleich der Frachten von Alsbach, Ill und Theel ist – für den gemeinsamen Zeitraum – in Kapitel 3.4 beschrieben.

3.4 Vergleich der Ergebnisse von Theel, Ill und Alsbach 2018/2019

Im folgenden Kapitel sind die Daten, welche an Alsbach, Ill und Theel im vergleichbaren Messzeitraum vom 1. Juli 2018 bis zum 19. März 2019 erhoben wurden, einander gegenübergestellt.

Abb. 3.4-1 zeigt zunächst den prozentualen Anteil der Überschreitungen der Konzentrationen an Ammonium, Phosphor und TOC bzw. der Unterschreitungen der Sauerstoff-Gehalte in Bezug auf die jeweiligen Anforderungen gemäß OGeV [6] sowie der Überschreitungen des Schwellenwertes für Nitrat gemäß Methodenhandbuch für Gewässergüteklasse 2 [7] an allen drei Standorten über den oben genannten Messzeitraum (vgl. Kapitel 2.3.1).

Erwartungsgemäß liegen die Nährstoff-Konzentrationen an den beiden größeren Gewässern Ill und Theel, welche als Vorfluter mehrerer Kläranlagen dienen, oft - in Bezug auf Phosphor sogar immer - über den Anforderungen, wohingegen dies im Alsbach viel seltener vorkommt. Da oberhalb des Messpunktes in Marpingen keine Einleitungen aus Kläranlagen stattfinden, zeigt sich hier, gerade im Hinblick auf ortho-Phosphat, der Einfluss der Kläranlagenabläufe besonders deutlich. Hingegen sind die Überschreitungen der Anforderungen der Ammonium-Gehalte in hohem Maße auf die Einträge durch Mischwasserentlastungen zurückzuführen.

Zudem ist zu erkennen, dass im Alsbach die Anforderungen an den Sauerstoff-Gehalt sehr viel öfter verfehlt werden als in den beiden größeren Fließgewässern¹⁸. Dies liegt eindeutig darin begründet, dass der Alsbach am Standort *Marpingen* fast über die gesamten Sommermonate extreme Tagesschwankungen des Sauerstoffs aufweist (vgl. auch Abb. 3.1.2-2) und es infolgedessen nachts sehr häufig zur Unterschreitung des Anforderungswertes von 8 mg/l kommt (vgl. Abb. 3.1-2-1).

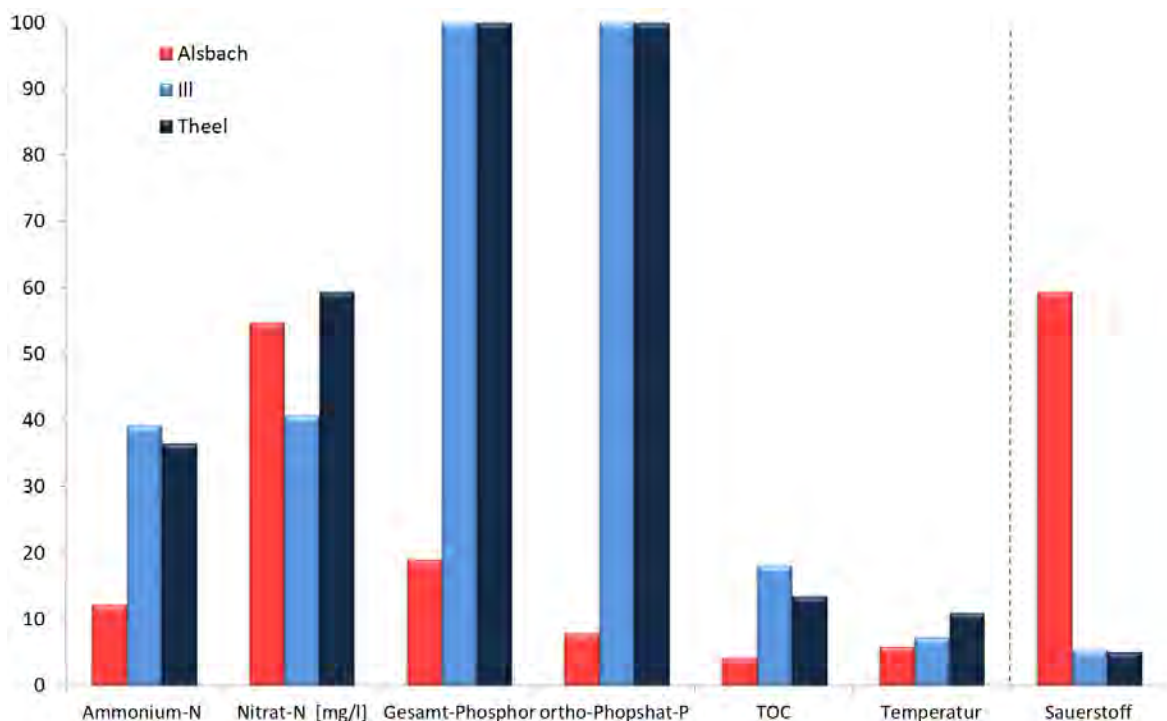


Abb. 3.4-1: prozentuale Überschreitung (im Falle von Sauerstoff: Unterschreitung) der jeweiligen Anforderungen gemäß OGeV [7] sowie des Schwellenwertes für Nitrat gemäß Methodenhandbuch [7] an allen drei Standorten über den gesamten gemeinsamen Messzeitraum 1. Juli 2018 bis 19. März 2019)

¹⁸ An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass für den Alsbach als Gewässertyp 6 eine Mindest-Konzentration von 8 mg/l Sauerstoff als Anforderung gilt, wohingegen für Ill und Theel (Gewässertyp 9.1) lediglich eine Mindest-Anforderung von 7 mg/l besteht.

In der Gegenüberstellung der Verläufe von Sauerstoff an allen drei Standorten wird deutlich, wie stark die Tagesschwankungen von Sauerstoff während der Vegetationsphase am Standort in *Marpingen* ausgeprägt sind (Abb. 3.4-2). Im Herbst und Winter hingegen verlaufen die Konzentrationen an allen Standorten weitestgehend parallel. Neben häufig auftretenden geringen Sauerstoff-Konzentrationen am Alsbach wurden vor allem sehr hohe Gehalte zwischen 14 und 20 mg/l gemessen wurden, an den beiden anderen Standorten hingegen diese Werte nicht erreicht wurden. Zudem zeigt der Vergleich, dass bei den Sauerstoff-Gehalten an der Ill zwar seltenere, aber noch gravierendere Defizite auftreten. Diese sprunghaften Sauerstoff-Defizite sind grundsätzlich durch Einleitungen aus Mischwasserentlastungen bedingt. An allen Standorten konnte während des gemeinsamen Messzeitraumes eine ähnliche Anzahl von Einträgen dieser Art (je ca. 25), allerdings in sehr unterschiedlichen Intensitäten, aufgezeichnet werden. Die Auswirkungen dieser Einträge auf die Sauerstoff-Gehalte des jeweiligen Gewässers sind jedoch sehr unterschiedlich: am Alsbach konnten diesbezüglich kaum Veränderungen des Sauerstoff-Gehaltes festgestellt werden und an der Theel kam es häufig zu leichteren Sauerstoff-Defiziten, wohingegen an der Ill gravierende Auswirkungen durch Mischwasserentlastungen auf die Sauerstoff-Gehalte zu verzeichnen waren.

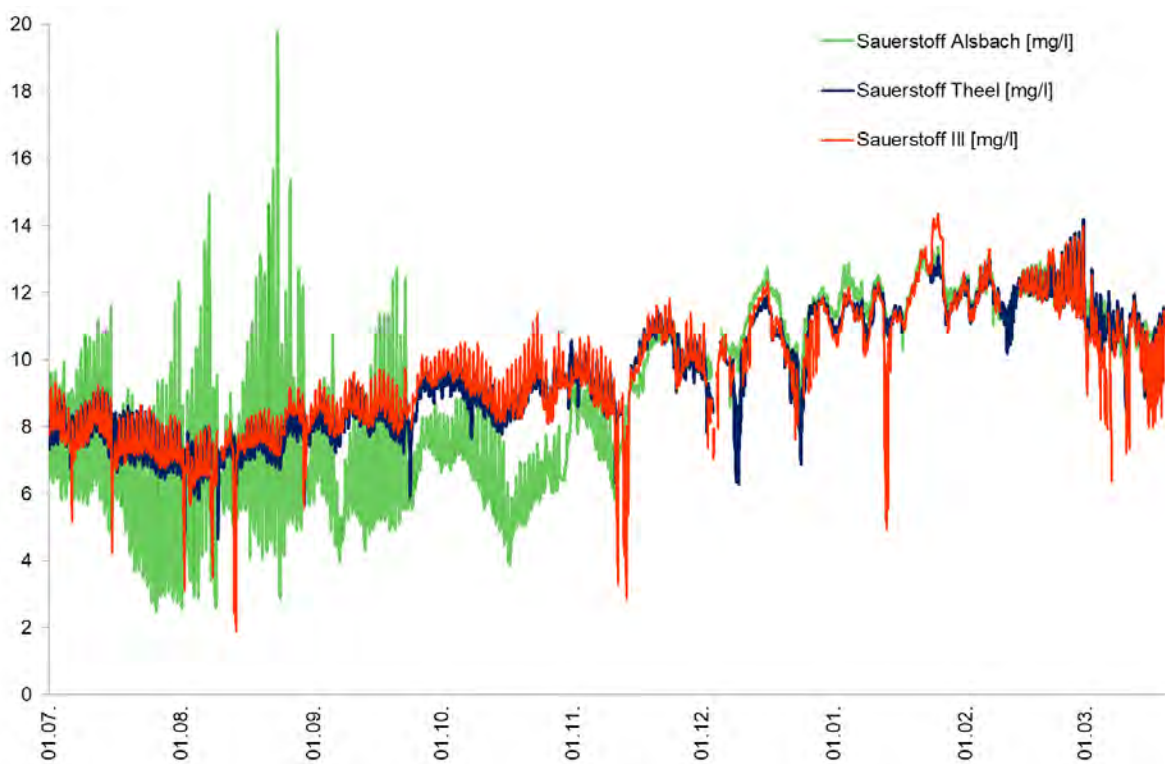


Abb. 3.4-2: Verlauf der Sauerstoffgehalte an allen drei Standorten über den gesamten gemeinsamen Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 19. März 2019)

Hingegen verlaufen die Temperaturen an allen drei Standorten ähnlich (Abb. 3.4-3), erwartungsgemäß weist der Alsbach als kleinstes Gewässer die größten Temperaturschwankungen auf. Die pH-Werte am Alsbach liegen generell etwas niedriger als an den beiden anderen Gewässern, die sehr hohen pH-Werte sind dort, wie bereits in Abb. 3.1.2-4 und 3.1.2-5 dargestellt, ebenso wie die hohen Sauerstoff-Gehalte durch die an diesem Standort besonders intensive Photosynthese bedingt (Abb. 3.4-4).

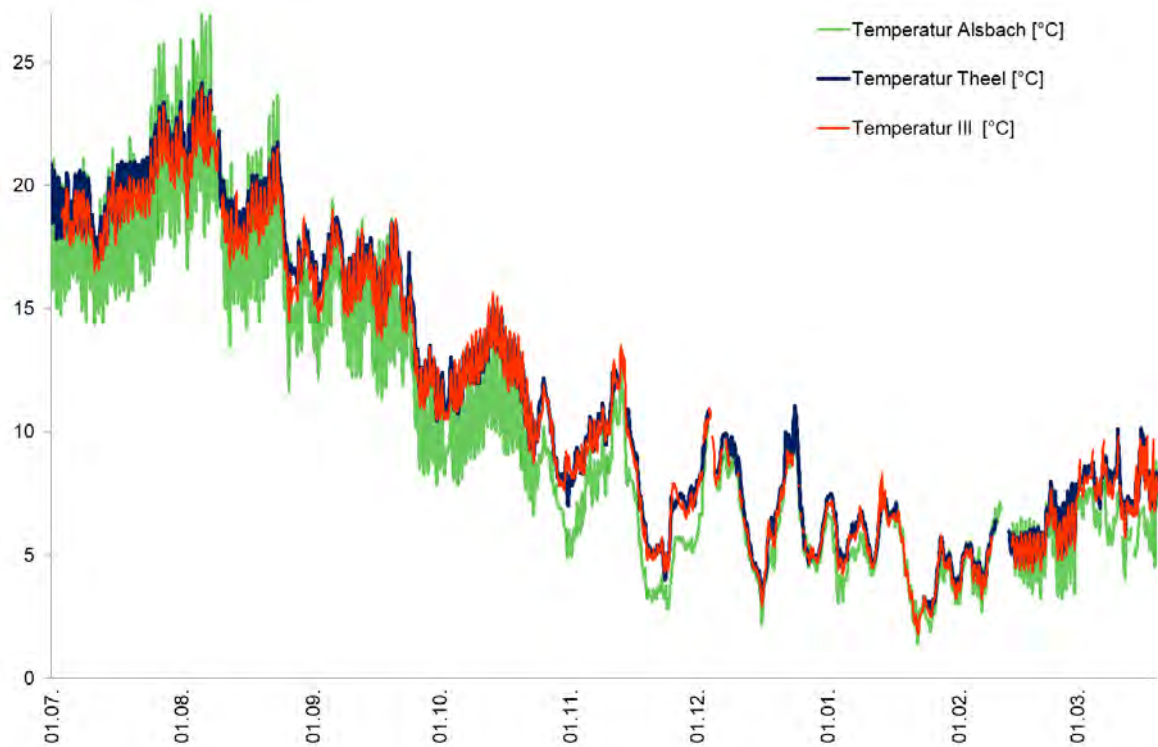


Abb. 3.4-3: Verlauf der Temperatur an allen drei Standorten über den gesamten gemeinsamen Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 19. März 2019)

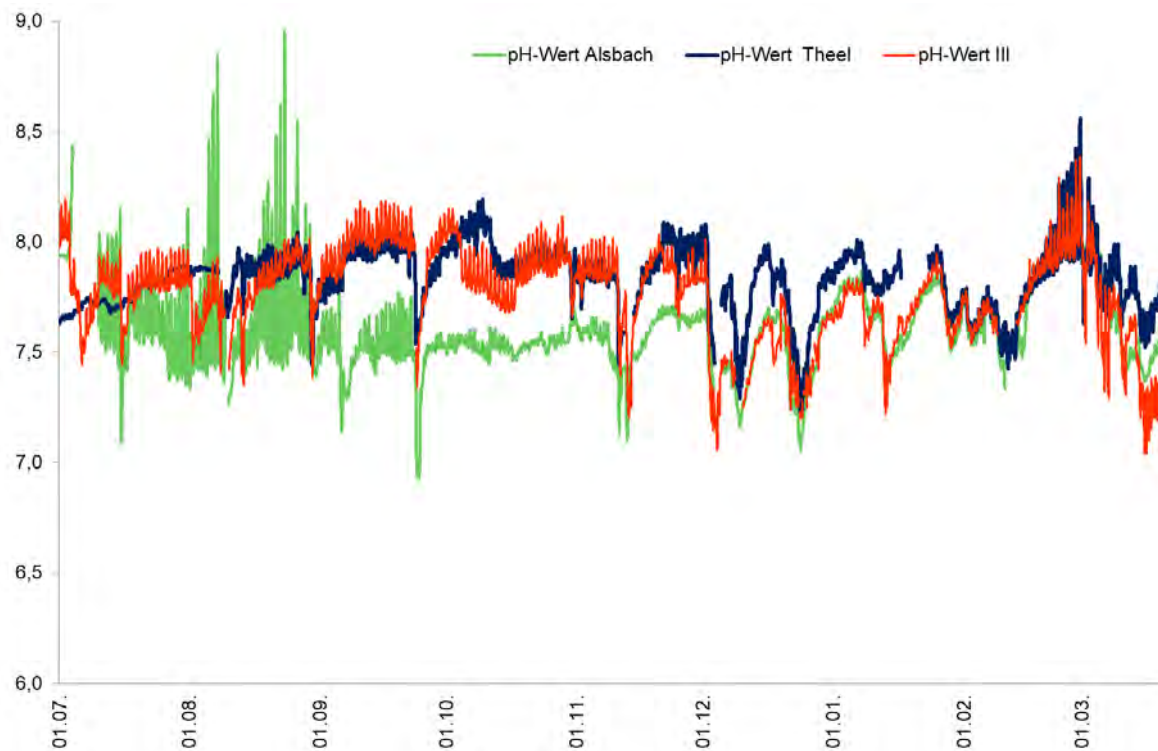


Abb. 3.4-4: Verlauf der pH-Werte an allen drei Standorten über den gesamten gemeinsamen Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 19. März 2019)

Anhand der Frachten an den drei Standorten lassen sich Abschätzungen treffen, in welchem Teil-Einzugsgebiet welche Mengen an Nährstoffen in das Gewässersystem eingetragen werden. Dazu werden die Gesamtfrachten für den jeweils vergleichbaren Messzeitraum einander gegenüber gestellt¹⁹.

Im Diagramm 3.4-5 wird ersichtlich, dass die Nährstoff-Mengen, welche in *Marpingen* erfasst wurden, nur jeweils etwa 4 bis 9% der am Endpunkt des Einzugsgebietes am Standort *Knorscheider Mühle* ermittelten Frachten ausmachen. Dies korrespondiert in etwa mit dem Flächenanteil dieses sehr kleinen Teils des Einzugsgebietes. Aus dem Teil-Einzugsgebiet III, das fast 60% des Gesamten-Einzugsgebietes umfasst, wird fast die Hälfte der Fracht an Nitrat-Stickstoff in die Theel eingetragen, im Falle von Gesamt-Phosphor beläuft sich der Anteil sogar auf fast 70%. Dabei ist zu beachten, dass an allen drei Standorten nur sehr selten Phosphor-Belastungen aus Flächeneinträgen erfasst werden konnten und gerade in Bezug auf die Phosphor-Gehalte die Kläranlagen hier eine erhebliche Rolle spielen, denn im Teil-Einzugsgebiet der III wird in etwa dieselbe Menge an geklärtem Abwasser eingeleitet wie im restlichen Einzugsgebiet der Theel²⁰. Insgesamt beläuft sich der Anteil des ortho-Phosphats an der Menge des Gesamt-Phosphors auf etwa 75%. Dieser gelöste Phosphor-Anteil ist, wie bereits beschrieben, auf Einträge aus Kläranlagen zurückzuführen. Darüber hinaus wird bei Regen eine (nicht näher quantifizierbare) Menge an Partikel gebundenen Phosphors über Mischwasserentlastungen in das Gewässer eingetragen, so dass abgeschätzt werden kann, dass durch die Erosion von gedüngten Flächen weniger als ein Viertel der Phosphor-Frachten in III und Theel gelangt. Eine vergleichende Bilanzierung von Ammonium ist nicht zielführend, da Ammonium im Fließgewässer in der Regel relativ gut abgebaut wird und die Frachten somit nicht in direkten Zusammenhang gesetzt werden können²¹. Gleiches gilt aufgrund der hohen Dynamik von Produktion und Abbau im Gewässerökosystem auch für die TOC-Frachten.

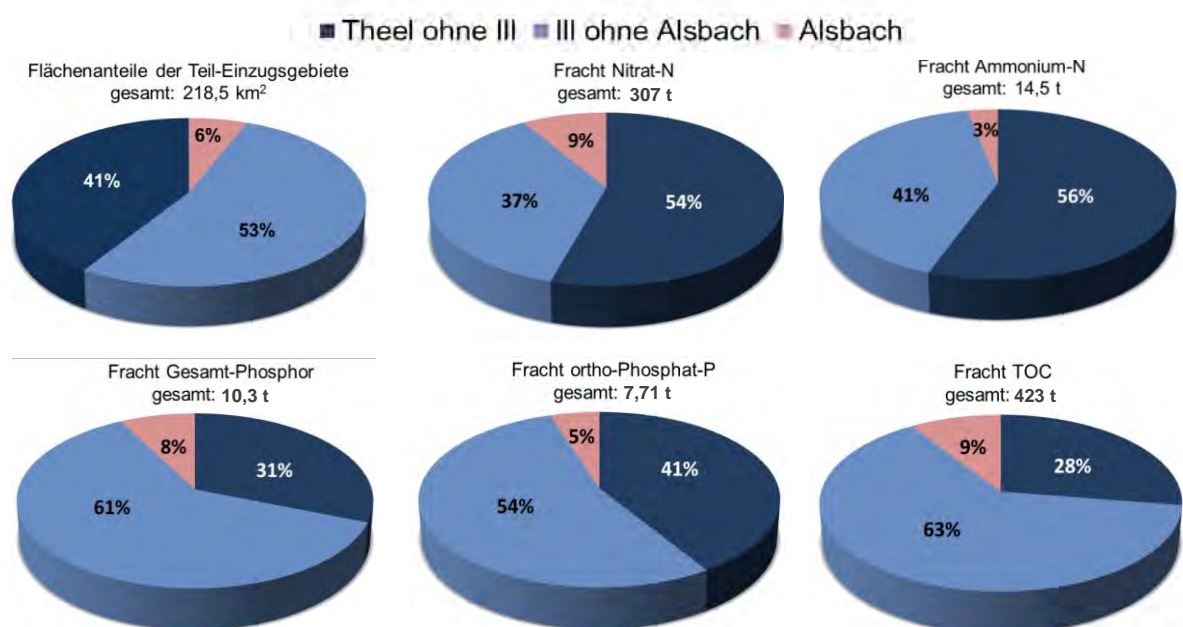


Abb. 3.4-5: Flächenanteile des Einzugsgebietes und Anteil der Nährstoffe-Frachten aus dem jeweiligen Einzugsgebiet über den gesamten gemeinsamen Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 19. März 2019)

¹⁹ Die Gesamt-Frachten für die einzelnen Substanzen an den drei Standorten sind den Kapiteln 3.1.4, 3.2.4 und 3.2.4 zu entnehmen.

²⁰ III: Kläranlagen *Wustweiler* (41.000 EW) und *Sotzweiler* (12.330 EW); Theel dazu noch: Kläranlagen *Dirmingen* (12.600 EW), *Bubach-Calmesweiler* (26.000 EW) und *Lebach* (17.500 EW)

²¹ Da die Konzentrationen und Frachten an Ammonium im Verhältnis zu Nitrat sehr gering sind, werden diese bei der Betrachtung der Nitrat-Bilanzen nicht berücksichtigt.

Analog zu der in Kapitel 2.3.2 beschriebenen Vorgehensweise wurden auch für den vergleichbaren Messzeitraum an Alsbach, Ill und Theel die Anteile der jeweiligen Frachten an Grund- und „Regen“-Fracht ermittelt (Abb. 3.4-6). An allen drei Messstandorten ist demnach der größte Teil der jeweiligen Fracht auf Einträge infolge von Regenereignissen zurückzuführen. Der relative Anteil der Grundfracht ist für alle Nährstoffe im Einzugsgebiet der Ill am geringsten.

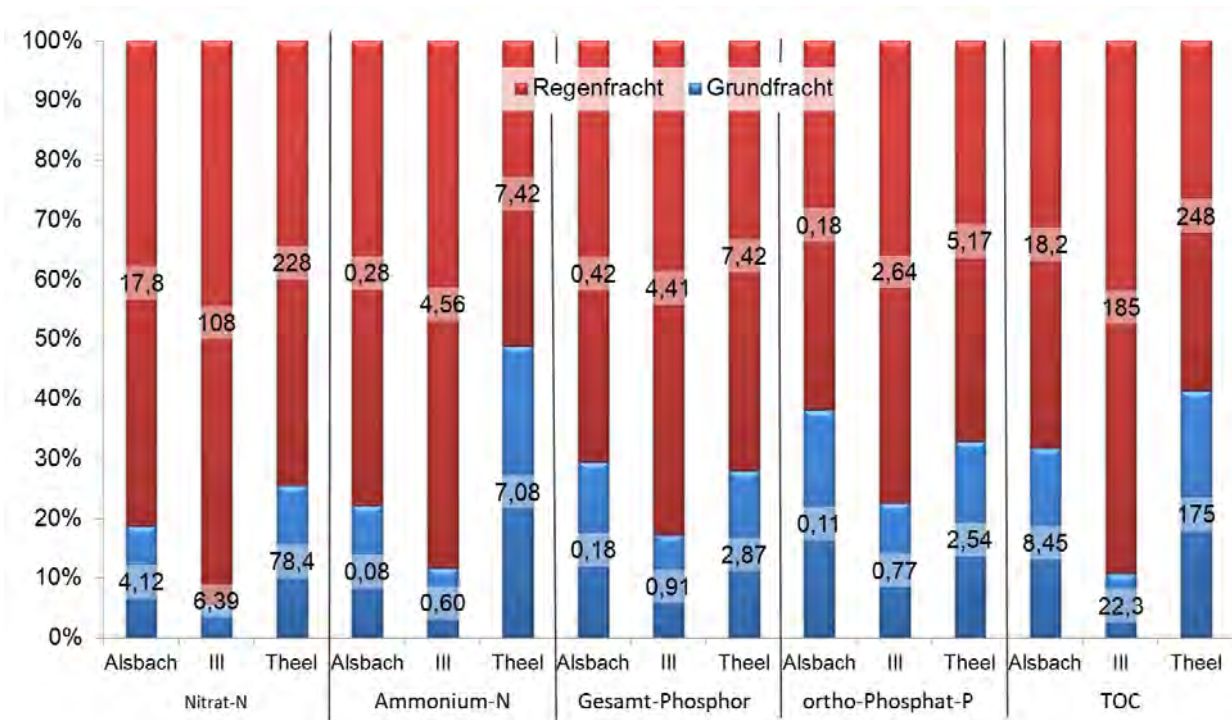


Abb. 3.4-6: Prozentualer Anteil der Grundfrachten und Frachten bei Regen an der Gesamtfracht und in absoluten Mengen in Tonnen als Zahlenangaben auf den Balken im Vergleich an Alsbach, Ill und Theel über den gesamten gemeinsamen Messzeitraum (1. Juli 2018 bis 8. Oktober 2019)

Eine Kategorisierung nach Belastungsquellen wurde für die Standorte an Ill und Theel vorgenommen und ist in Kapitel 5 im Vergleich der Ergebnisse mit denen anderer im Einzugsgebiet Ill-Theel durchgeführten Studien dargelegt.

3.5 Ergebnisse der manuellen Beprobung entlang von Theel und Ill 2018/2019

Neben den mit Hilfe der Messstationen online erhobenen Daten wurden während des Messzeitraumes zudem fünf Mal manuelle Proben entlang der Ill und der Theel sowie an einigen Zuflüssen entnommen und analysiert. Folgende Messpunkte wurden beprobt:

- A Theel Quelle
- B Theel in *Bergweiler*
- C Mündung des Theelbaches in die Theel in *Sotzweiler*
- D Theel oberhalb der Kläranlage *Sotzweiler* an der A1
- E Theel unterhalb der Kläranlage *Sotzweiler*
- F Mündung des Steinbaches in die Theel oberhalb *Thalexweiler*
- G Theel oberhalb des Zuflusses der Ill unterhalb *Bubach-Calmesweiler*
- H Theel unterhalb der Kläranlage *Bubach-Calmesweiler*
- I Mündung des Saubaches in die Theel oberhalb *Lebach*
- J Theel am Pegel in *Lebach*
- K Theel an der *Knorscheider Mühle*

sowie

- L Ill Quelle
- M Ill in *Hüttigweiler*
- N Mündung der Merch in die Ill in *Illingen*
- O Ill in *Illingen*
- P Ill unterhalb Kläranlage *Wustweiler*
- Q Mündung des Alsbaches in die Ill in *Dirmingen*
- R Ill am Pegel in *Eppelborn*
- S Mündung der Ill in die Theel in Höhe *Bubach-Calmesweiler*

Die Ergebnisse der Beprobungen sind in den Abb. 3.5-1 bis 3.5-8 dargestellt. Die Gehalte an Sauerstoff, die Temperaturen sowie die pH-Werte bewegen sich zu den jeweiligen Zeitpunkten im Rahmen der jeweiligen Anforderungen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass gerade diese 3 Parameter – je nach Jahreszeit – erheblich mit der Tageszeit der Probennahme variieren und somit der Gesichtspunkt einer (zufälligen) Stichprobennahme eigentlich nicht erfüllt ist (vgl. auch Kapitel 3.2.2 und 3.3.2). Die Einzel-Daten können daher nur als grober Hinweis dienen.

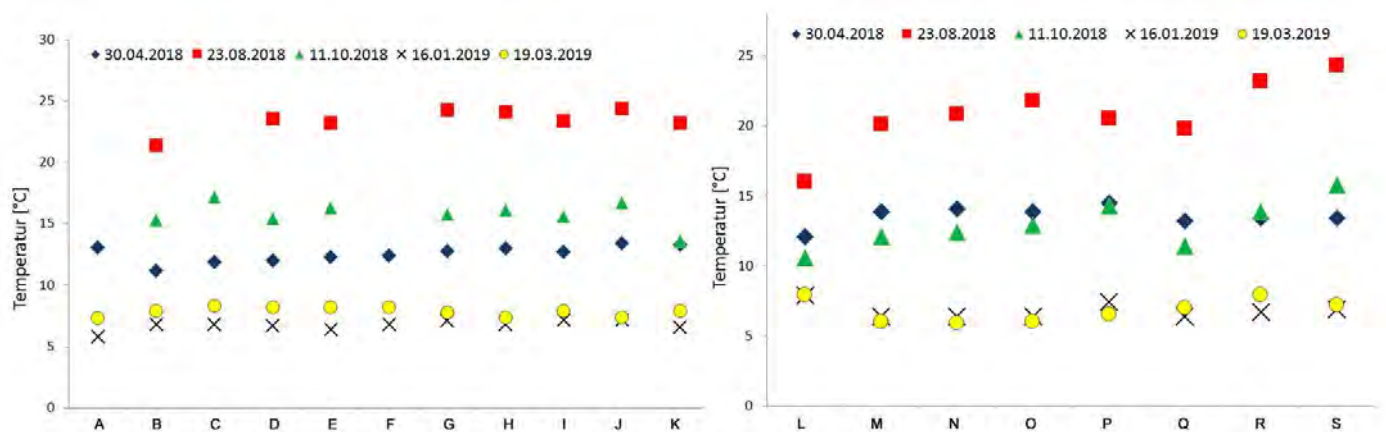


Abb. 3.5-1: Temperaturen an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

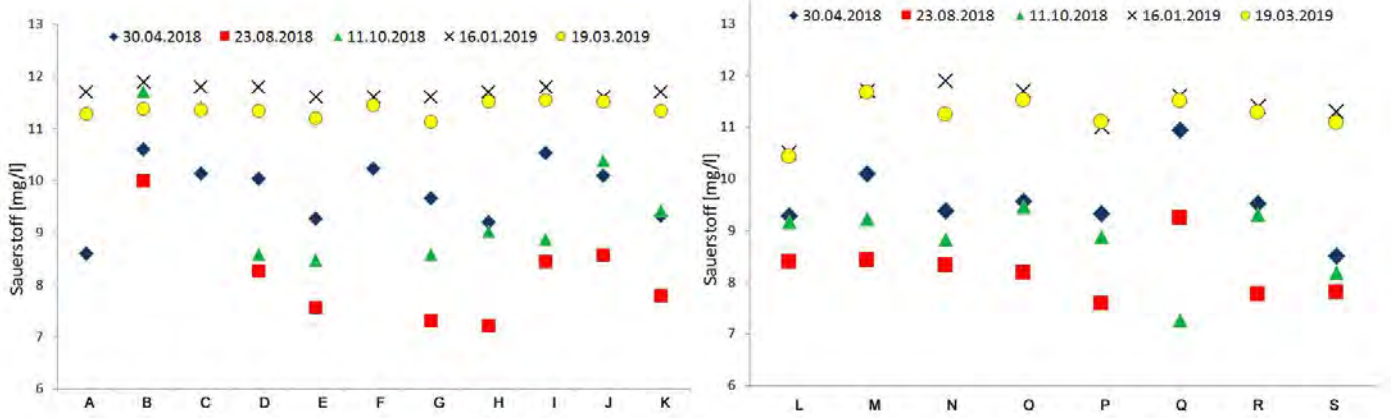


Abb. 3.5-2: Sauerstoff-Gehalte an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

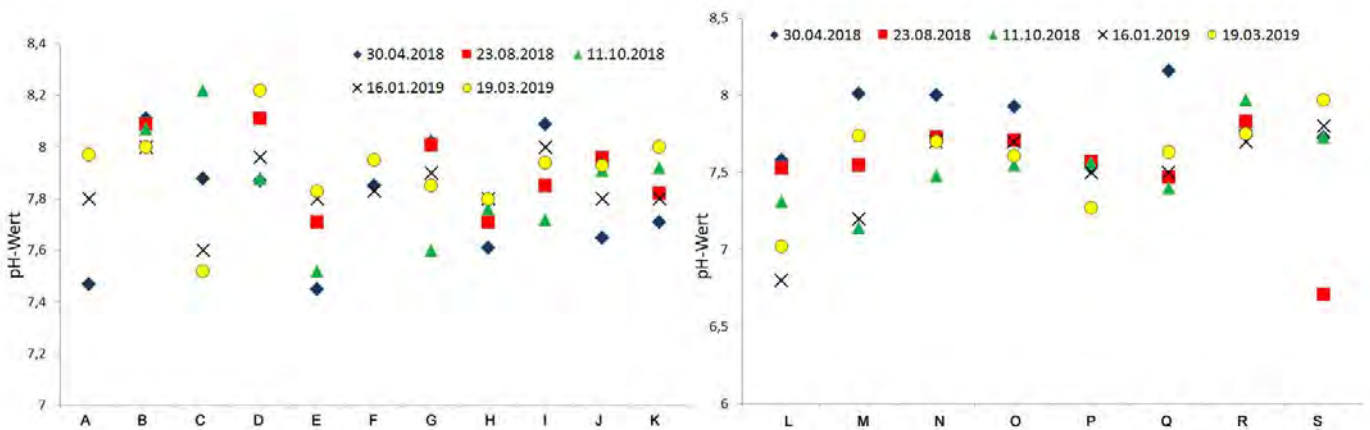


Abb. 3.5-3: pH-Werte an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

Zudem wird deutlich, dass die Nitrat-Gehalte an allen Messpunkten im Winter und Frühjahr höher sind als in den Sommermonaten. Der höchste Wert wurde im April im Saubach gemessen, dessen Einzugsgebiet stark landwirtschaftlich geprägt ist. Zudem liegen die Nitrat-Konzentrationen in der Quelle der Ill über den übrigen Messwerten (Abb. 3.5-4). Dies lässt den Rückschluss zu, dass das Grundwasser im Bereich der Ill-Quelle mit Nitrat belastet ist.

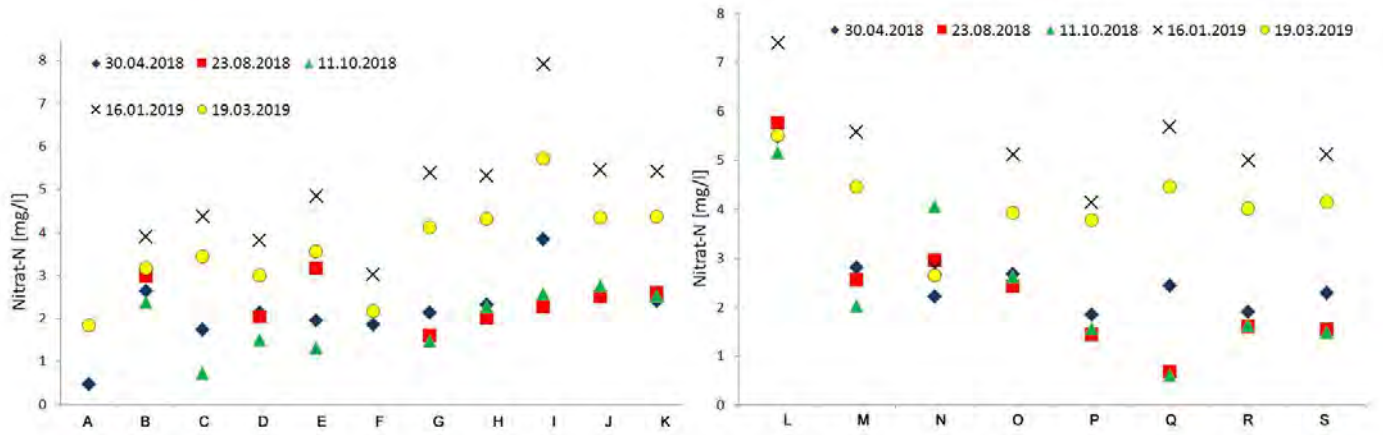


Abb. 3.5-4: Gehalte von Nitrat an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

Die Ammonium-Gehalte sind erwartungsgemäß an den Messpunkten unterhalb der Kläranlagen erhöht. Dasselbe gilt auch für die ortho-Phosphat-Konzentrationen (Abb. 3.5-5 und 3.5-6).

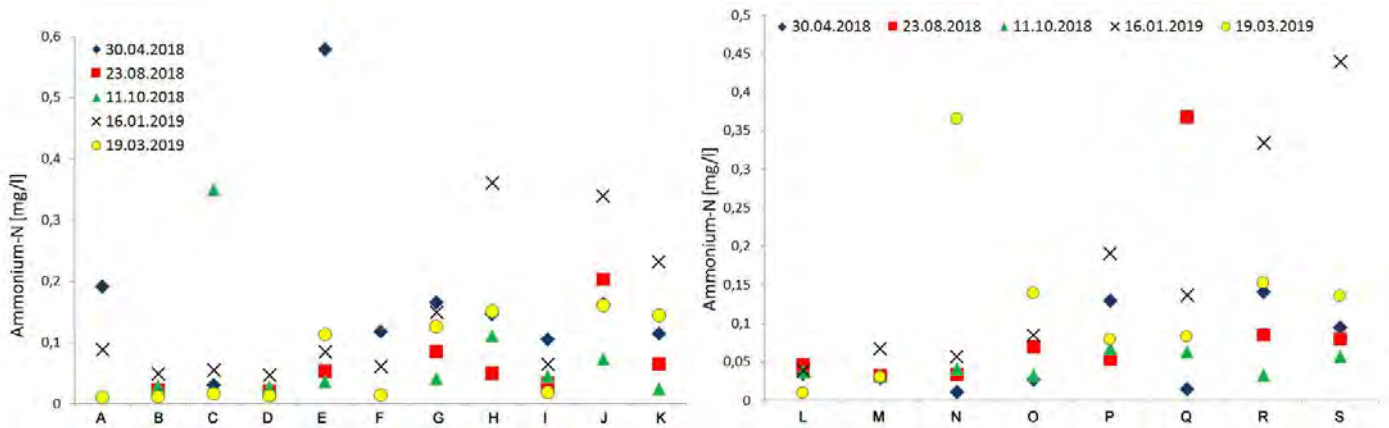


Abb. 3.5-5: Gehalte von Ammonium an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

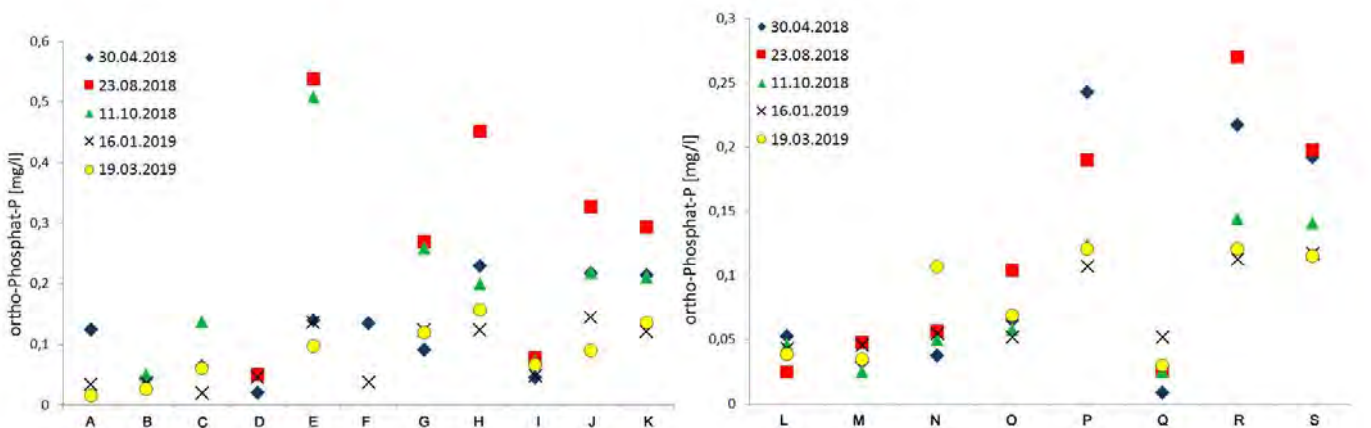


Abb. 3.5-6: Gehalte von ortho-Phosphat an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

Auch in den Einzel-Beprobungen konnten kaum größere Differenzen zwischen Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat ermittelt werden, welche auf einen höheren Anteil an Partikel gebundenem Phosphor und somit auf bedeutende Einträge über Erosion hinweisen würden (Abb. 3.5-7)

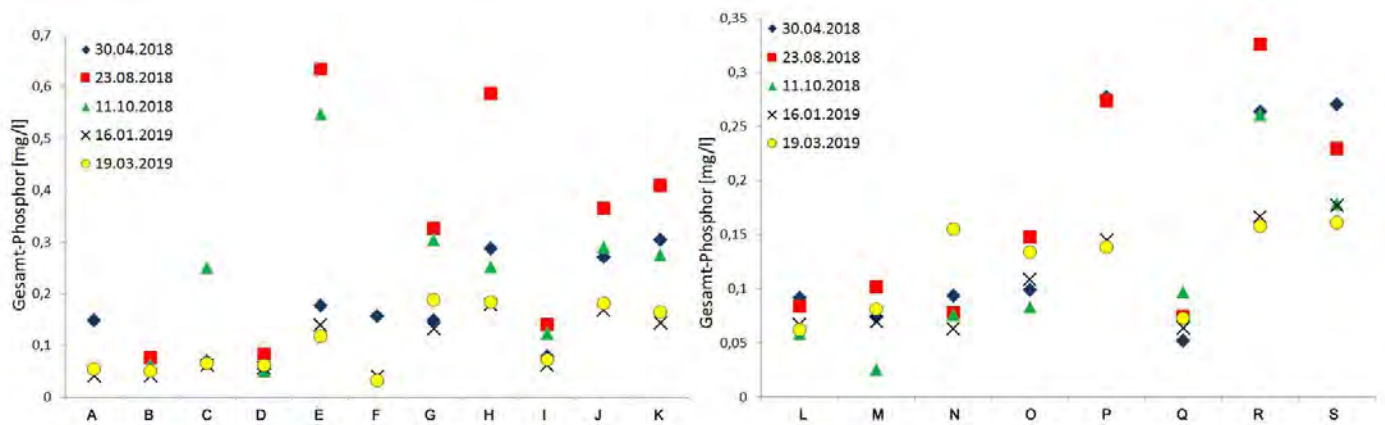


Abb. 3.5-7: Gehalte von Gesamt-Phosphor an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

Die Gehalte von TOC zeigen an allen Standorten einen recht parallelen Verlauf (Abb. 3.5-8), wobei die Konzentrationen im Frühling grundsätzlich geringer sind und im Laufe des Jahres ansteigen. Daran lässt sich erkennen, wie sehr der Parameter TOC von der biologischen Aktivität und der Produktion von Biomasse im Gewässer selbst, also von endogenen Prozessen, abhängig ist.

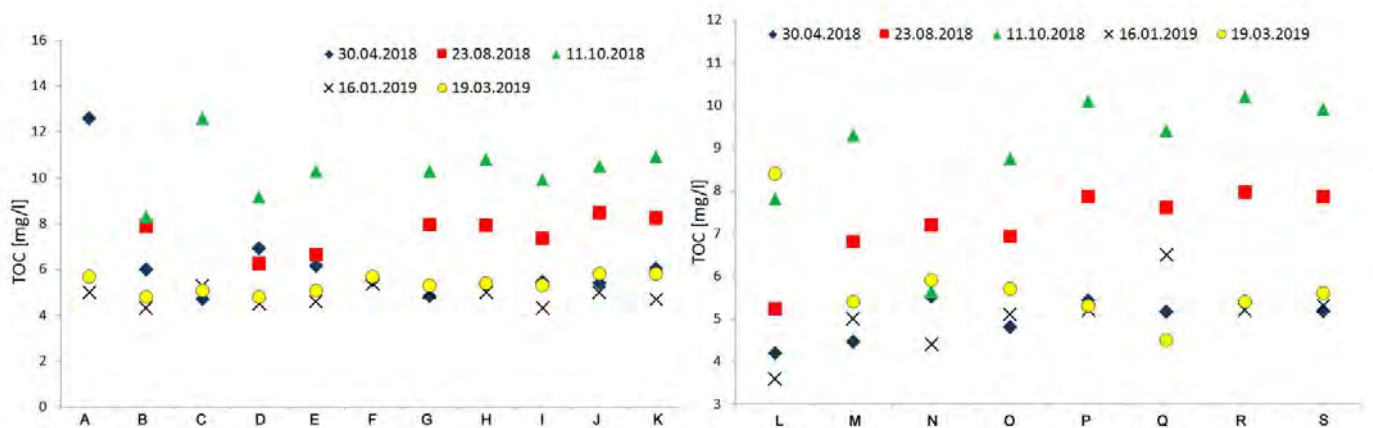


Abb. 3.5-8: Gehalte von TOC an den verschiedenen Messpunkten entlang der Theel (links) und der Ill (rechts) am 30. April 2018, am 23. August 2018, am 11. Oktober 2018, am 16. Januar 2019 und am 19. März 2019

3.6 Fazit Theel, Ill und Alsbach 2018/2019

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass die Arten der Belastung in den drei beschriebenen Teil-Einzugsgebieten sehr ähnlich sind.

Der Alsbach zeichnet sich aufgrund seiner geringen Abflussmengen durch eine sehr hohe Dynamik aus. Während der Vegetationsperiode treten extreme Tages-Amplituden der Sauerstoff-Gehalte, der Temperaturen und der pH-Werte auf. Das Gewässer ist auch besonders beeinträchtigt durch die häufigen Abschlüge aus Mischwasserentlastungsanlagen. Positiv wirkt sich hingegen das Fehlen von Kläranlagen aus, die Grundgehalte der Nährstoffe sind generell gering und auch Überschreitungen der Anforderungen treten selten auf, v.a. auch im Hinblick auf ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor, welche an den meisten anderen Fließgewässern dauerhaft über den Grenzwerten liegen.

Im Einzugsgebiet der Ill finden sich verstärkt Einflüsse durch die kommunalen Kläranlagen, am Standort in *Eppelborn* sind dauerhaft hohe Grundgehalte von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat, sowie, gerade in der kalten Jahreszeit, an Ammonium messbar. Zudem ist auch dieser Standort sehr stark durch Mischwasserentlastungen beeinflusst. Die erhöhten Ammonium-Gehalte führen häufig zur Bildung von fischtoxischem Ammoniak, wobei im Maximum auch der Imperativwert der veralteten Fischgewässerrichtlinie von 25 µg/l überschritten wird.

Dasselbe gilt für den Standort an der *Knorscheider Mühle*, auch die Theel ist hier durch die Emissionen der Kläranlagen und der Mischwasserentlastungsanlagen geprägt.

Die Sauerstoff-Gehalte bewegten sich an allen drei Standorten fast immer unterhalb der Sättigungswerte, lediglich während der Vegetationsperiode wurden diese tagsüber überschritten, wobei sich die Situation in *Marpingen* im Bezug auf die Sauerstoff-Amplituden als gravierend darstellt. An allen drei Standorten sind im Frühjahr die Einflüsse der Eutrophierung zu erkennen. Zudem traten Sauerstoff-Defizite infolge von Mischwasserentlastungen auf, welche besonders an der Ill länger andauerten. An allen drei Standorten konnte während des gemeinsamen Messzeitraumes eine ähnliche Anzahl derartiger Einträge (ca. 25) beobachtet werden.

An keinem der Standorte konnten Phosphoreinträge in höheren Konzentrationen den Oberflächeneinträgen, also Abspülungen aus landwirtschaftlichen Flächen, zugeordnet werden. Hingegen wurden des Öfteren diffuse Belastungen von Nitrat beobachtet, welche größtenteils auf landwirtschaftliche Einträge zurückzuführen sind. Vor allem im Herbst kommt es im Zuge von Regenfällen im gesamten Einzugsgebiet zur Mobilisierung großer Mengen an Nitrat, so dass die Gehalte in allen drei Gewässern sprunghaft ansteigen. Dabei stammt ein großer Anteil des Nitrates aus dem Teil-Einzugsgebiet ohne die Ill, dieses Drittel der Gesamt-Fläche bringt 54% der Nitrat-Fracht. Bei Gesamt-Phosphor (und TOC) korrespondiert die Fracht eher mit den Flächenanteilen.

Generell sind die Nährstoffmengen, die infolge von Niederschlagsereignissen in Ill und Theel eingetragen werden, größer als die im Basisabfluss transportierten Frachten. Lediglich am Gebietsauslass des Einzugsgebietes an der *Knorscheider Mühle* sind die Grundfrachten von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat höher als die Frachten, die infolge von Niederschlagsereignissen eingetragen werden, da sich an diesem Standort die Belastungen (auch in Trockenzeiten) kumulieren.

An allen drei Gewässern ist der weitaus größte Anteil der Stickstoff-Einträge auf die landwirtschaftliche Aktivität im Einzugsgebiet zurückzuführen (77 bis 86%), Belastungen aus kommunalem Abwasser in Form von Kläranlagenabläufen und Mischwasserentlastungen sind mit 11 bis 13% bzw. 1 bis 3% eher gering. Hingegen können im Hinblick auf die Phosphor-Belastungen an Ill und Theel hauptsächlich Mischwasserentlastungen angesehen werden (44% bzw. 42%). Landwirtschaft und Kläranlagen schlagen nur mit jeweils 25 bis 30% zu Buche.

4. Vergleich der aktuellen Ergebnisse mit den Daten aus vorangegangenen Messkampagnen

4.1 Ill in Eppelborn

4.1.1 Auswahl der zu vergleichenden Zeiträume 2010/2011 und 2018/2019

In den folgenden Kapiteln wird der Frage nachgegangen, inwieweit sich der Chemische Zustand der Ill im Laufe der Jahre verändert hat.

Wie in Kapitel 2.3.3 bereits erläutert wurden aus der verlängerten Messkampagne 2018/2019 für die Ill in *Eppelborn* zwei Datensätze erstellt, um zu prüfen, welcher der beiden am ehesten die zum Vergleich heranzuziehenden Bedingungen der Messkampagne 2010/2011 (vom 26. März 2010 bis 25. März 2011) abbildet: der zusammenhängende Datensatz 1 (DS1) vom 1. Juli 2018 bis 30. Juni 2019, welcher die extrem trockenen und heißen Sommer- und Herbstmonate des Jahres 2018 beinhaltet, und der „gesplittete“ Datensatz 2 (DS2) von 1. Juli 2019 bis 30. Oktober 2019 und 31. Oktober 2018 bis 30. Juni 2019, in dem die Monate mit extremen Wetterbedingungen so weit wie möglich durch die Daten aus dem Jahr 2019 ersetzt wurden.

Um den Unterschied der beiden Messkampagnen hinsichtlich der jeweiligen Wetterbedingungen beurteilen zu können, wurden die Mittelwerte und Mediane (für Niederschlag: Summen) sowie die Extrema der Abflüsse und Wetterdaten des DS1 und DS2 von 2018/2019 den entsprechenden Abflüssen und Wetterdaten von 2010/2011 gegenübergestellt (Tabelle 4.1.5-1 sowie Abb. 8-11 und 8-12 im Anhang).

Tabelle 4.1.1-1: Mittelwerte (für Niederschlag: Summe), Mediane, Minima und Maxima der Wetterdaten der Station in *Wustweiler* (Lufttemperatur und Globalstrahlung 2010/2011 Station *Sotzweiler*) und Abfluss am Pegel *Eppelborn* der Messkampagne 2010/2011 (26. März 2010 bis 25. März 2011), des DS1 (01. Juli 2018 bis 30. Juni 2019) und des DS2 (01. Juli 2019 bis 30. Oktober 2019 und 31. Oktober 2018 bis 30. Juni 2019)

	Abfluss [m³/s]	Niederschlag [mm/h]	Temperatur [°C]	Globalstrahlung [W/m²]
Mittelwert/Summe 2010/2011	1,81	806	9,0	111
Median 2010/2011	1,01		9,1	4,0
Minimum 2010/2011	0,34		-9,6	
Maximum 2010/2011	34,8	25,2	34,5	897
Mittelwert/Summe 2018/2019 DS1	1,14	820	11,3	141
Median 2018/2019 DS1	0,34		10,3	6,0
Minimum 2018/2019 DS1	0,12		-8,6	
Maximum 2018/2019 DS1	18,9	36,5	37,8	1032
Mittelwert/Summe 2018/2019 DS2	1,23	999	11,2	135
Median 2018/2019 DS2	0,48		10,6	6,1
Minimum 2018/2019 DS2	0,11		-8,6	
Maximum 2018/2019 DS2	18,9	10,7	39,3	1032

Der langjährige mittlere Abfluss, welcher sich aus den Aufzeichnungen von 1960 bis 2018 am Pegel in *Eppelborn* ergibt, beläuft sich auf $1,68 \text{ m}^3/\text{s}$ und kommt somit dem Mittelwert des Abflusses der Messkampagne 2010/2011 nahe²². Jedoch waren die Wassermengen in diesem Messzeitraum ungleichmäßiger verteilt, was anhand der Differenz zwischen Mittelwert und Median des Abflusses sowie an dem sehr großen Abflussmaximum von $34,8 \text{ m}^3/\text{s}$ zu erkennen ist (vgl. auch Kapitel 4.1.4). In Abb. 4.1.1-1 ist der Verlauf der Abflussmengen über beide Zeiträume dargestellt.

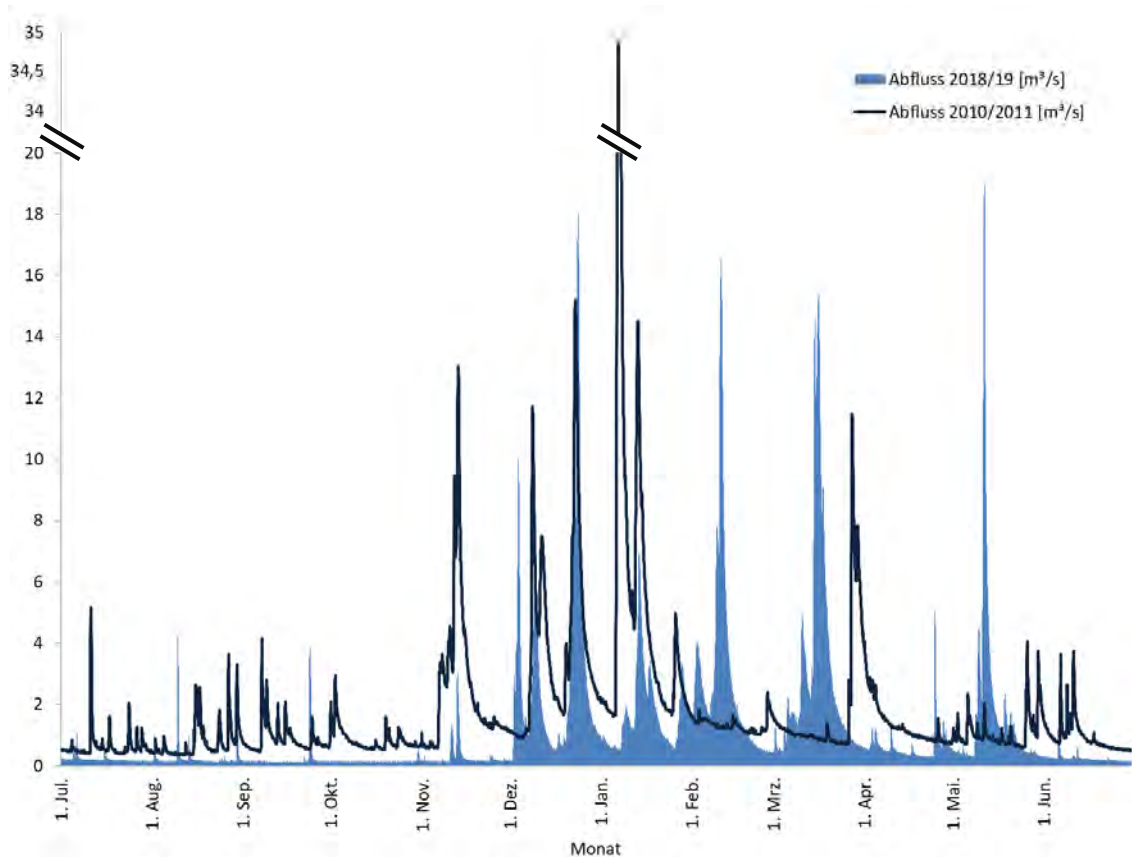


Abb. 4.1.1-1 Vergleich der Abflüsse der Ill der Jahre 2010/2011 und 2018/219 (Pegel *Eppelborn*) jeweils von 1. Juli bis 30. Juni

Wie aus Tabelle 4.1.1-2 ersichtlich weisen die beiden für den Messzeitraum generierten Datensätze DS1 und DS2 untereinander einige Unterschiede auf: der mittlere Abfluss des DS2 ist höher als der des DS1, auch die Niederschlagssummen sind im DS2 mit 999mm sehr viel größer als im DS1 mit 820 mm. Das Niederschlagsmaximum von 36,5, welches am 9. August 2018 um 13h gemessen wurde, wird nur im DS1 erfasst. Hingegen trat das Abflussmaximum vom 11. Mai 2019, das in beiden Datensätzen erscheint, infolge des Niederschlagsereignisses am 10. Mai 2019 auf und ist in beiden Datensätzen enthalten.

Erwartungsgemäß liegen die Lufttemperaturen und die Werte der Globalstrahlung für beide Datensätze 2018/2019 deutlich höher als im Messzeitraum 2010/2011²³.

Um weitere Abweichungen der Datensätze 1 und 2 untereinander betrachten zu können, sind in Tabelle 4.1.1-2 zusätzlich die Mittelwerte und Mediane der Messwerte der online erhobenen Parameter gegenübergestellt.

²² Quelle: <https://www.saarland.de/40233.htm>

²³ Dabei ist zu beachten, dass die Daten der 1. Messreihe von der Wetterstation Wustweiler, die der 2. Messreihe (DS1 und DS2) von der Wetterstation in Sotzweiler stammen.

Tabelle 4.1.1-2: Vergleich der Mittelwerte und Mediane der Stundenmittelwerte der Ill in *Eppelborn* des Datensatz 1 (01. Juli 2018 bis 30. Juni 2019) und des Datensatz 2 (01. Juli 2019 bis 30. Oktober 2019 und 31. Oktober 2018 bis 30. Juni 2019)

	NO₃-N [mg/l]	NH₄-N [mg/l]	PO₄-P [mg/l]	P_{ges} [mg/l]	TOC [mg/l]
Mittelwert DS1	2,77	0,115	0,159	0,211	6,27
Median DS1	2,26	0,006	0,149	0,191	6,02
Mittelwert DS2	2,91	0,127	0,166	0,221	6,06
Median DS2	2,43	0,029	0,149	0,196	5,75

	pH- Wert	Sauerstoff [mg/l]	Temperatur [°C]	Leitfähigkeit [µS/cm]
Mittelwert DS1	7,75	9,38	11,7	387
Median DS1	7,75	9,24	11,6	368
Mittelwert DS2	7,79	9,55	11,8	421
Median DS2	7,81	9,42	11	409

Es ist zu erkennen, dass weder für die Mittelwerte noch für die Mediane der Nährstoffe und der chemisch-physikalischen Parameter gravierende Abweichungen in den beiden Datensätzen von 2018/2019 festgestellt werden können²⁴.

Grundsätzlich handelt es sich bei den beiden Messkampagnen 2010/2011 und 2018/2019 um sehr unterschiedliche Wettersituationen, welche auch nicht durch die zeitliche Verschiebung innerhalb des gesamten Datensatzes 2018/2018 kompensiert werden können. Da der Niederschlag ein entscheidendes Kriterium für den Transport von Stoffen in die Gewässer darstellt und keine nennenswerten Differenzen zwischen den statistischen Kenngrößen der Messparameter beider Datensätze auftreten, wurde derjenige Datensatz gewählt, in dem die Summe der Niederschläge denen der Messkampagne 2010/2011 am nächsten kommt. Die anschließenden Betrachtungen beziehen sich daher im Folgenden auf den DS1 (vom 01. Juli 2018 bis 30. Juni 2019).

²⁴ Auf die Abweichung der Mittelwerte und der Mediane von Ammonium wurde bereits im Kapitel 3.2.4 hingewiesen.

4.1.2 Vergleich der Konzentrationen

Wie bereits für den Messzeitraum 2018/2019 für den Standort in *Eppelborn* beschrieben traten auch im Jahr 2010 Einträge aus unterschiedlichen Mischwasserentlastungsanlagen auf, so dass auch im Sommer jedes kleine und größere Regenereignis einen Anstieg der Belastungen zur Folge hatte. Die dabei erreichten Konzentrationsspitzen von Ammonium, ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor und TOC sind in beiden Messzeiträumen vergleichbar.

Im Verlauf aller Trockenwetterphasen im Jahr 2010 stiegen die Konzentrationen von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat parallel stark an. Diese Zunahme an fast ausschließlich gelöstem Phosphor lässt sich eindeutig auf die kontinuierlichen Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen zurückführen. Bei genauerer Betrachtung zeigen sich hierbei auch Tagesschwankungen der Phosphorgehalte, welche durch das tageszeitabhängig unterschiedliche Abwasseraufkommen verursacht wird (vgl. auch Abb. 4.1.2-1b). Diese Phänomene konnten im Jahr 2018 nur in abgeschwächter Form beobachtet werden. Bemerkenswert ist, dass die Konzentrationen im Jahr 2018 trotz viel geringerer Abflussmengen und damit einem viel geringeren Verdünnungsfaktor im Gewässer deutlich unter den 2010 gemessenen Konzentrationen lagen (Abb. 4.1.2-1a). Dies ist auf die Reduktion der Phosphoremissionen infolge der Optimierung der Abwasserreinigung zurückzuführen (vgl. Kapitel 5) und lässt sich besonders gut im Vergleich der beiden Oktober-Messreihen erkennen (Abb. 4.1.2-1 a und b).

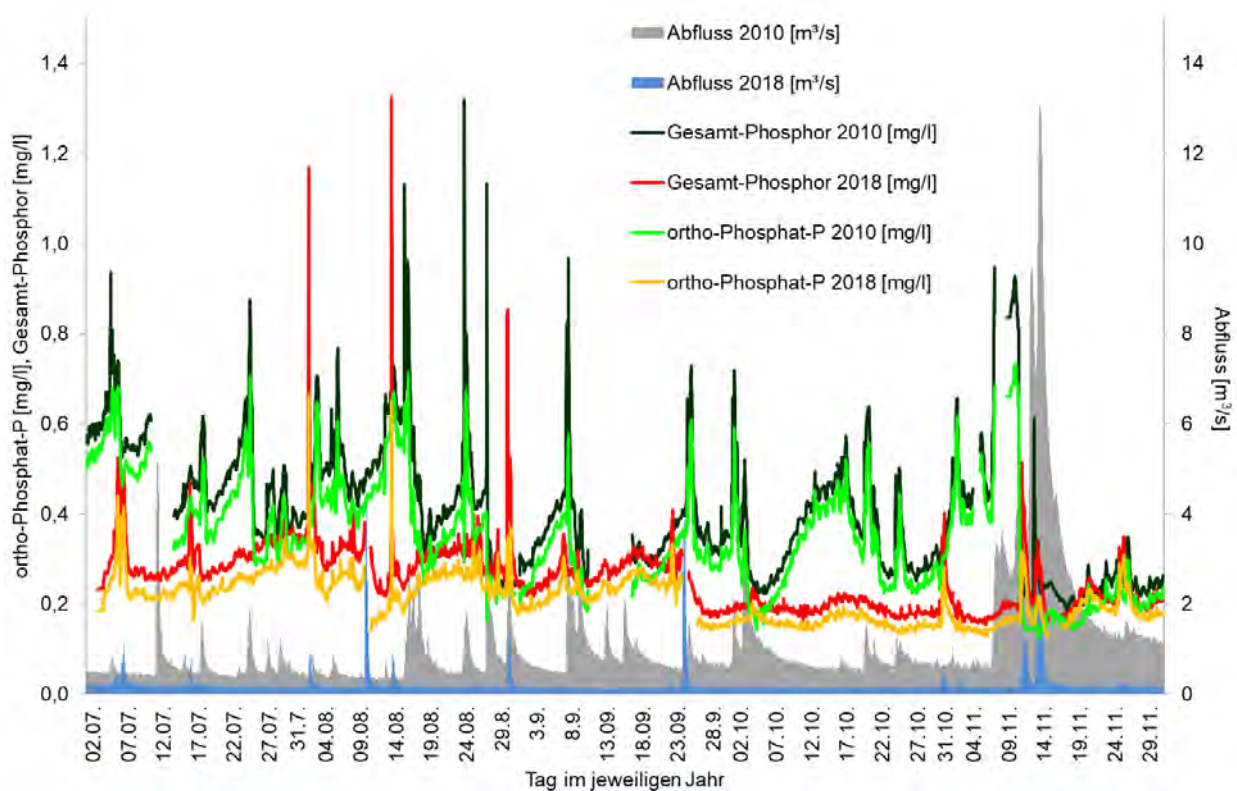


Abb. 4.1.2-1a: Konzentrationen von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (1. Juli bis 30. November 2010 und 2018)

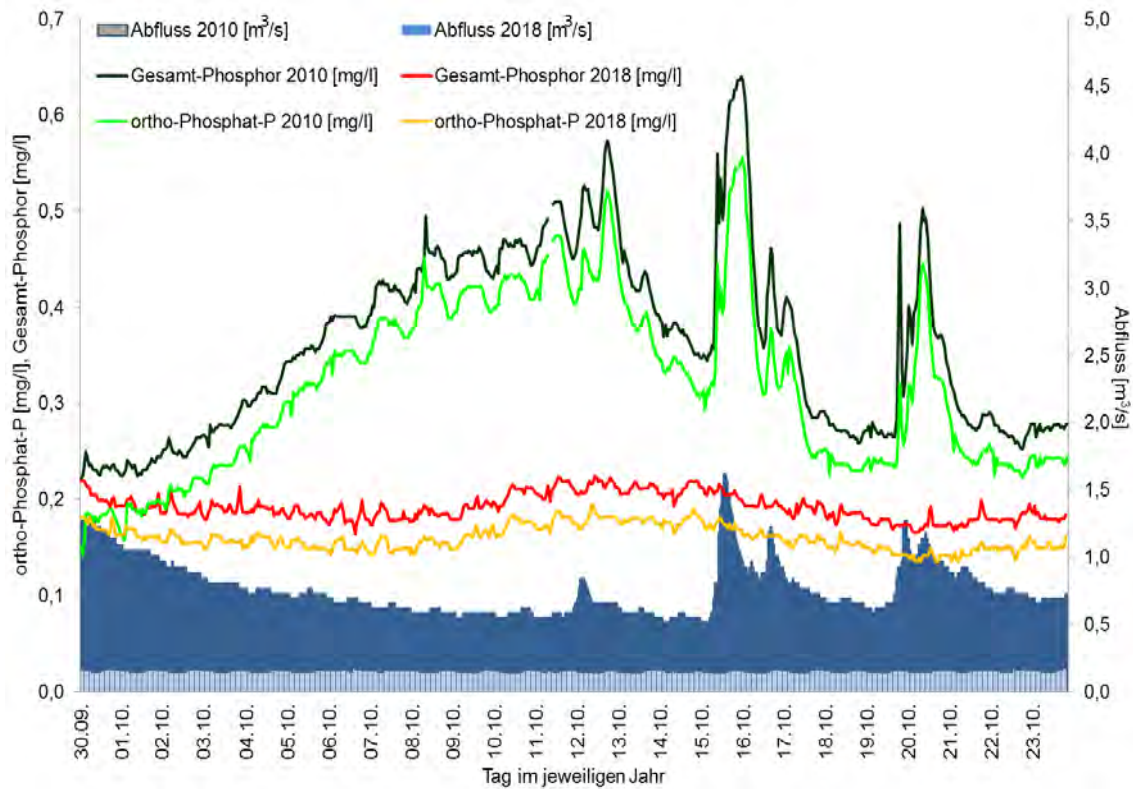


Abb. 4.1.2-1b: Konzentrationen von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (30. September bis 23. Oktober 2010 und 2018)

Ebenso wie für den beschriebenen Messzeitraum im Jahr 2018 zeigten sich auch während des Vergleichszeitraumes 2010 kaum Hinweise auf Belastungen von Phosphor über Oberflächenabfluss. Allerdings wurden in beiden Jahren häufiger Einträge von Nitrat über Zwischenabfluss beobachtet (vgl. auch Abb. 4.1.2-2). Während sich die Nitrat-Konzentrationen in beiden Jahren trotz sehr unterschiedlicher Abflüsse im Juli und August auf ähnlichem Niveau bewegten, stiegen die Gehalte ab September im Jahr 2010 deutlich an. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass durch Ernte und Umbruch von Feldern Nitrat freigesetzt und bei Regen mobilisiert wird. Ebenso werden auch Nitrat-Depots durch das Absterben von Teilen der „natürlicherweise“ im Einzugsgebiet vorhandenen Vegetation verfügbar. Dieses Phänomen hängt direkt vom Einsetzen der Herbstregenfälle ab und folgt daher dem Anstieg des Abflusses nach, wobei immer auch der Zeitversatz zwischen den unterschiedlichen Abflussspitzen und dem jeweiligen Anstieg der Nitrat-Konzentration zu erkennen ist (Transport über Zwischenabfluss). Im Jahr 2010 fand dies Anfang November 2010, im Jahr 2018 aufgrund der spät einsetzenden Regenfälle erst Anfang Dezember statt (Abb. 4.1.2-3). Die Nitrat-Gehalte sind während der Wintermonate 2018/2019 zwar insgesamt etwas höher als im Vergleichszeitraum 2010/2011, insgesamt ist die Grundbelastung über den Rest des Jahres deutlich geringer, so dass im Jahr 2018/2019 sehr viel weniger Nitrat-Fracht verzeichnet werden konnte (vgl. Kapitel 4.1.3)

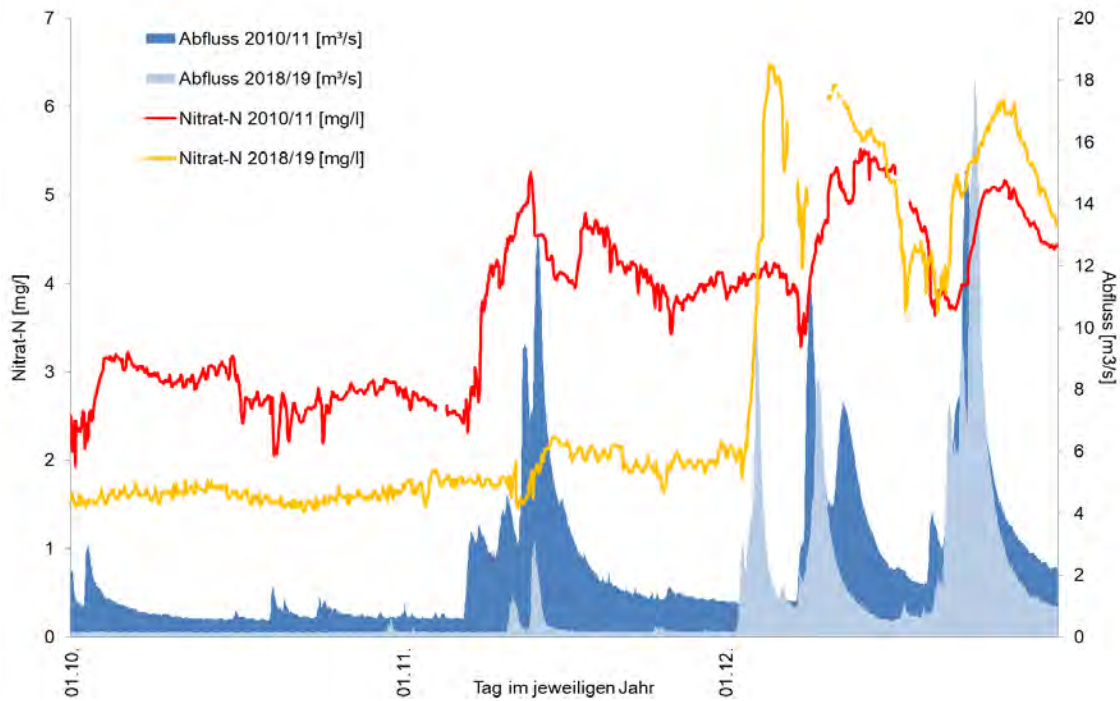


Abb. 4.1.2-2: Konzentrationen von Nitrat (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (1. Oktober bis 31. Dezember 2010 und 2018)

Die Gegenüberstellung der Ammonium-Gehalte innerhalb der beiden Messzeiträume lässt erkennen, dass die Spitzen der Konzentrationen, welche durch Abschlüge aus Mischwasserentlastungsanlagen verursacht werden, durchaus vergleichbar sind (Abb. 4.1.2-3).

Obwohl Einträge aus Mischwasserentlastungen im Messzeitraum 2018/2019 in der ersten Hälfte nur vereinzelt auftraten, kam es im weiteren Verlauf der Messungen zu sehr vielen derartigen Einträgen. In der Summe konnte daher in jedem der beiden betrachteten Messzeiträumen von jeweils einem Jahr etwa die gleiche Anzahl solcher Ereignisse aufgezeichnet werden (2010/2011: 31; 2018/2019: 33).

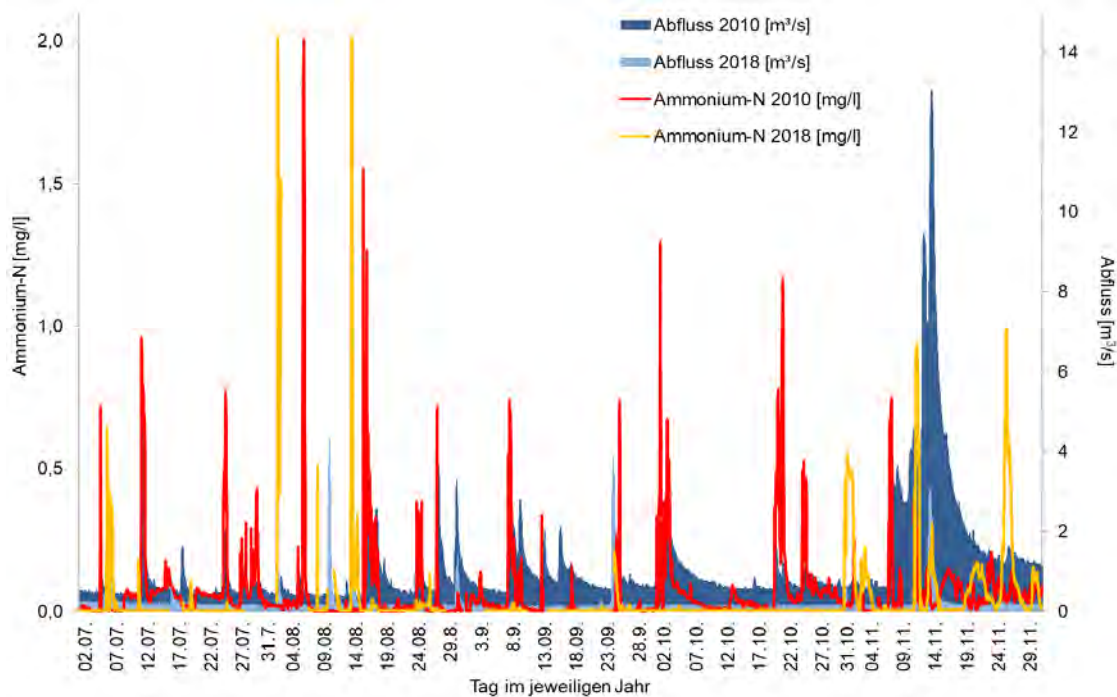


Abb. 4.1.2-3: Konzentrationen von Ammonium (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (2. Juli bis 29. November 2010 und 2018)

Durch die Konzentrationsanstiege von Ammonium kam es, je nach Temperatur und pH-Wert, in beiden Messzeiträumen häufig auch zur Bildung von fischtoxischem Ammoniak (Abb. 4.1.2-4).

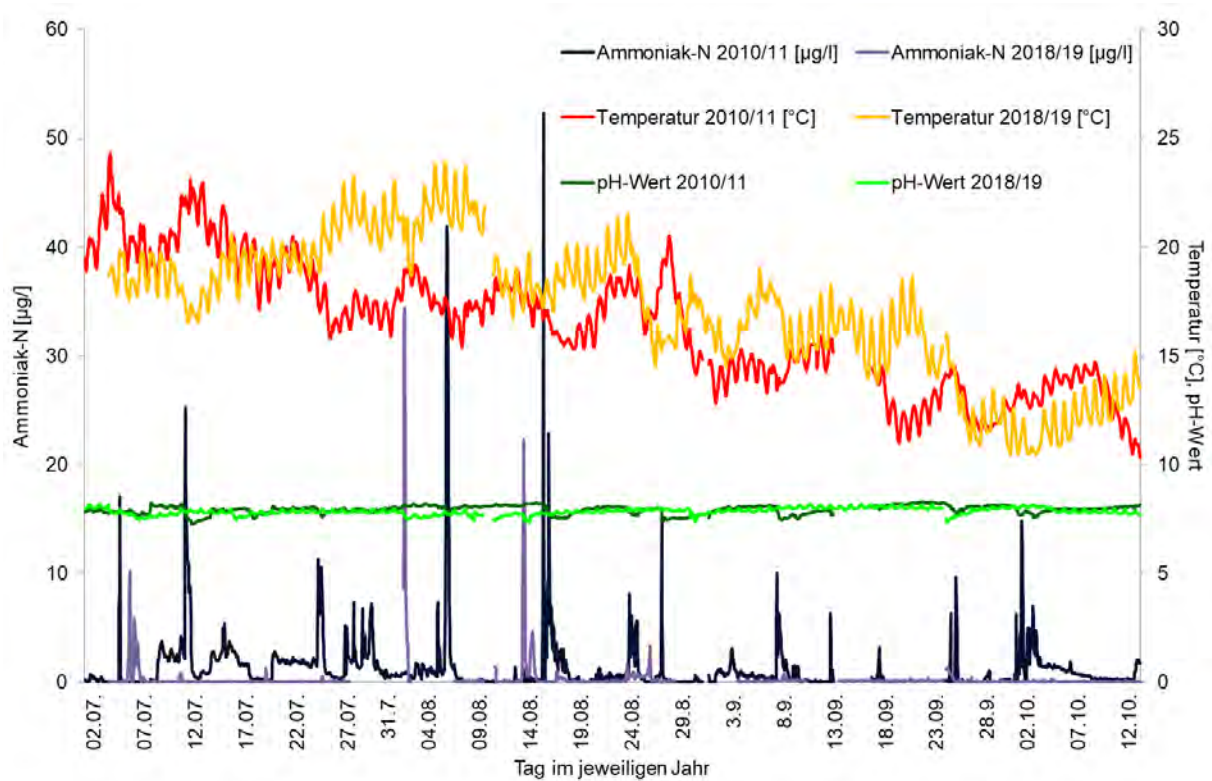


Abb. 4.1.2-4: Konzentrationen von Ammoniak sowie Temperatur und pH-Wert- (Station *Eppelborn*) (2. Juli bis 12. Oktober 2010 und 2018)

Die TOC-Konzentrationen sind in beiden Jahren in etwa gleich hoch und verlaufen recht parallel. Dies ist insofern erstaunlich, als dass im Jahr 2018 in der Ill, wie in allen anderen Gewässern auch, sehr viel weniger Wasser vorhanden war, der Verdünnungsfaktor also sehr viel geringer war. Daran lässt sich erkennen, wie entscheidend die Produktion von TOC im Gewässer selbst für die TOC-Gehalte ist.

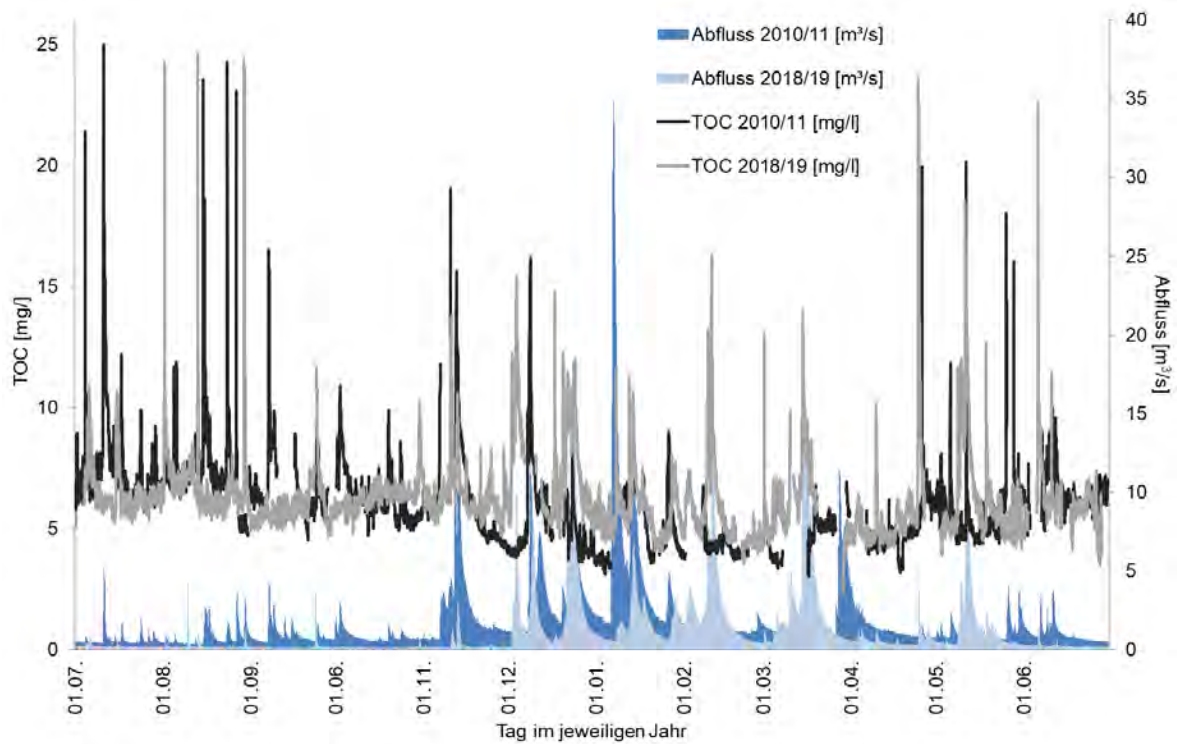


Abb. 4.1.2-5: Konzentrationen von TOC (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Die extremen Wetterbedingungen wirkten sich auf die Wassertemperaturen hingegen weniger aus als angenommen. Mittelwerte, Minima und Maxima sind für die beiden Zeiträume nahezu identisch (vgl. auch Tabelle 4.1.2-1) (Abb. 4.1.2-6).

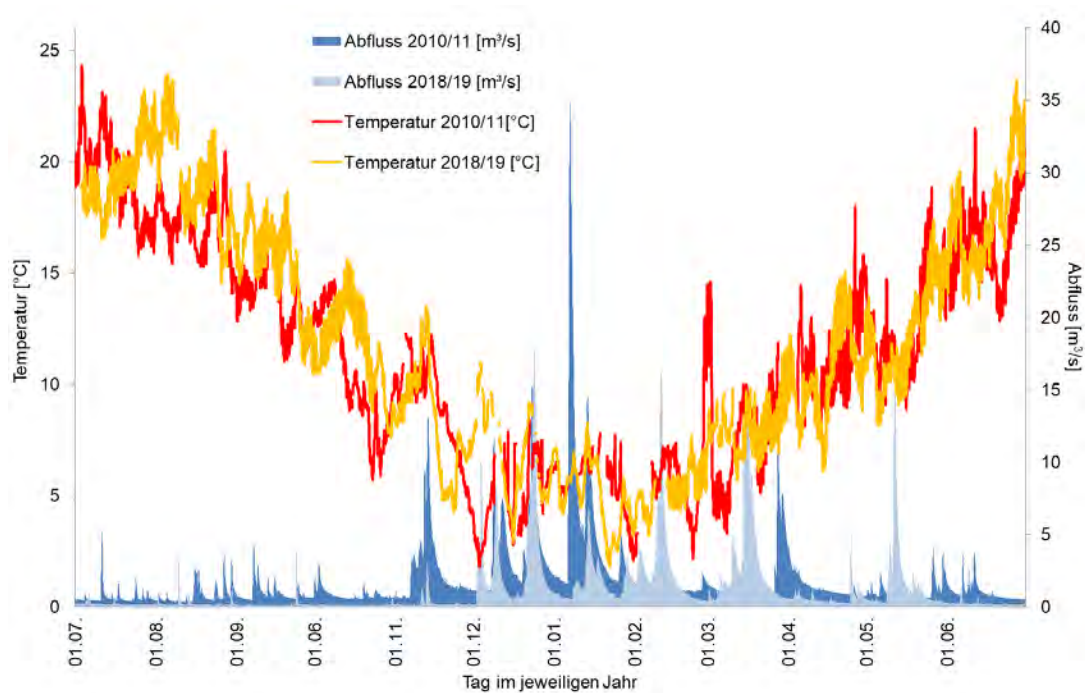


Abb. 4.1.2-6: Verlauf der Temperaturen (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Selbiges gilt ebenso für die Sauerstoff-Gehalte, die u.a. von den Wassertemperaturen beeinflusst werden. Mittelwerte und Maxima unterscheiden sich für die beiden Zeiträume kaum (vgl. auch Tabelle 4.1.2-1). Sauerstoff-Defizite werden meist durch Einträge aus Mischwasserentlastung hervorgerufen, da das eingetragene Abwasser in der Regel hohe Konzentrationen an Sauerstoff zehrenden Substanzen (v.a. Ammonium und TOC) aufweist. Es zeigt sich, dass diese Ereignisse in der Messkampagne 2010/2011 ausgeprägter waren und z.T. auch länger anhielten. Die Sauerstoff-Versorgung war im Messzeitraum 2018/2019 stabiler (Abb. 4.1.2-7).

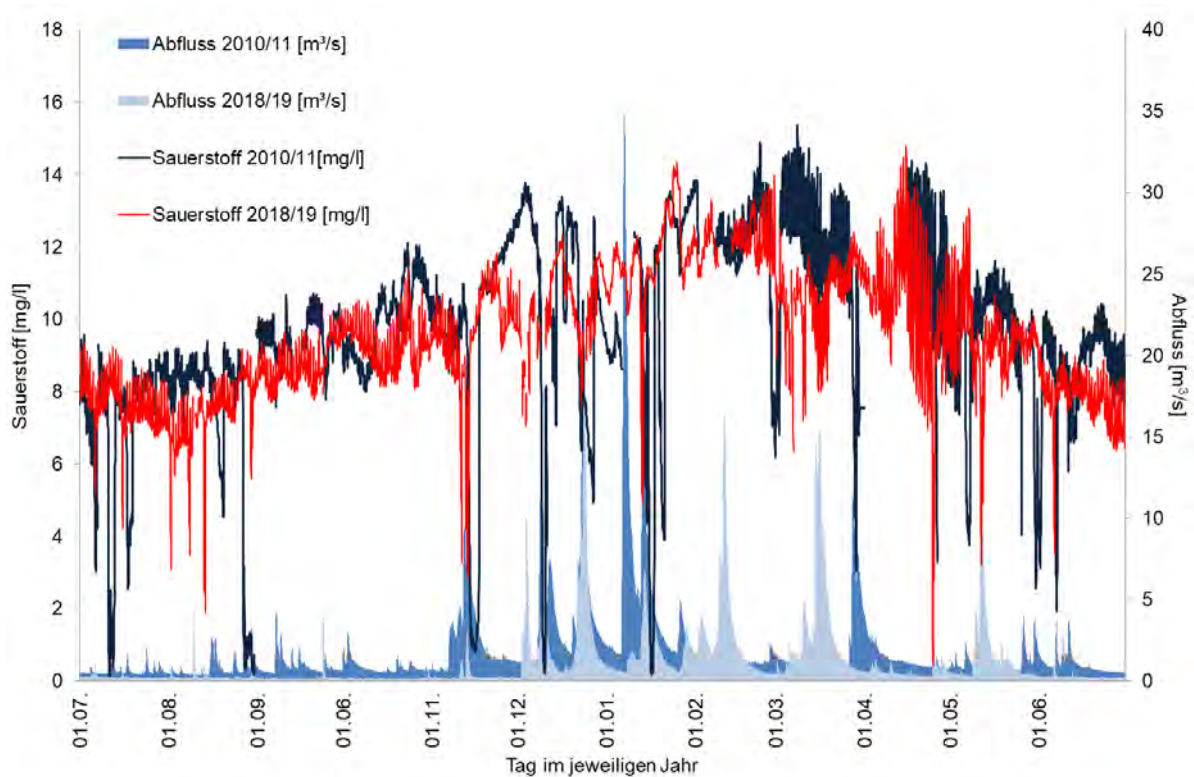


Abb. 4.1.2-7: Konzentrationen von Sauerstoff (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Der Verlauf der Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von der jeweiligen Temperatur lässt im Vergleich mit der Sauerstoff-Sättigung (bei Normaldruck) erkennen, dass die Sauerstoff-Gehalte in beiden Jahren meist unter den Werten der theoretischen Sättigung liegen (Abb. 4.1.2-8). Die Extremwerte bewegen sich zwar in denselben Größenordnungen (vgl. auch Tabelle 4.1.2-3), allerdings sind die Amplituden im Messzeitraum 2010/2011 sehr viel ausgeprägter und es treten viel mehr sehr hohe und sehr niedrige Werte auf als im Zeitraum 2018/2019. Insgesamt sind die Sauerstoff-Defizite im Messzeitraum 2018/2019 im Vergleich zum ersten Messzeitraum seltener und weniger stark ausgeprägt. Dies lässt den Rückschluss zu, dass der Grad der Eutrophierung am Standort in *Eppelborn* zurückgegangen ist. Darüber hinaus halten die Sauerstoff-Defizite in Folge von Mischwasserentlastung, wie auch in Abb. 3.2.2-1 gezeigt, weniger lange an.

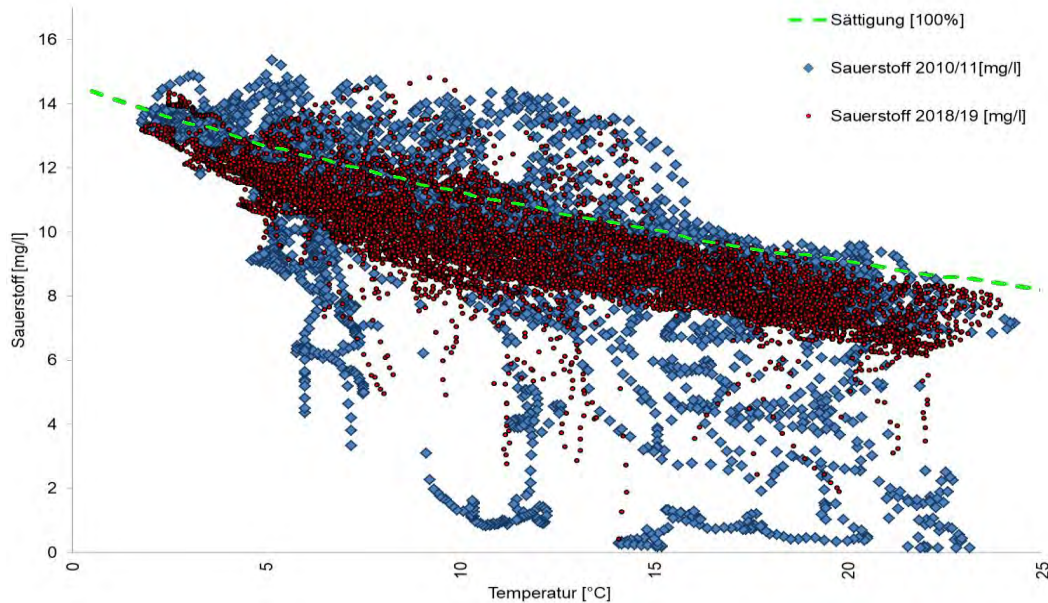


Abb. 4.1.2-8: Verlauf der Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Eppelborn*) sowie theoretische Sauerstoff-Sättigung bei Normaldruck (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Die pH-Werte bewegen sich in beiden Jahren auf einem vergleichbaren Niveau und nehmen natürlicherweise durch Regenfälle ab (Abb. 4.1.2-9). Die pH-Werte, Temperatur und Sauerstoff-Gehalte weisen tagesszeitliche Schwankungen auf, wobei diese Zyklen im Jahr 2010 etwas weniger stark ausgeprägt sind, da sie durch häufigere Regenfälle „verwischt“ wurden. Dabei verlaufen die Sauerstoff- und die Temperaturkurve in beiden Messzeiten parallel zueinander, was für eine Beeinflussung des Gewässers durch Eutrophierung spricht (vgl. Abb. 3.1.2-4)

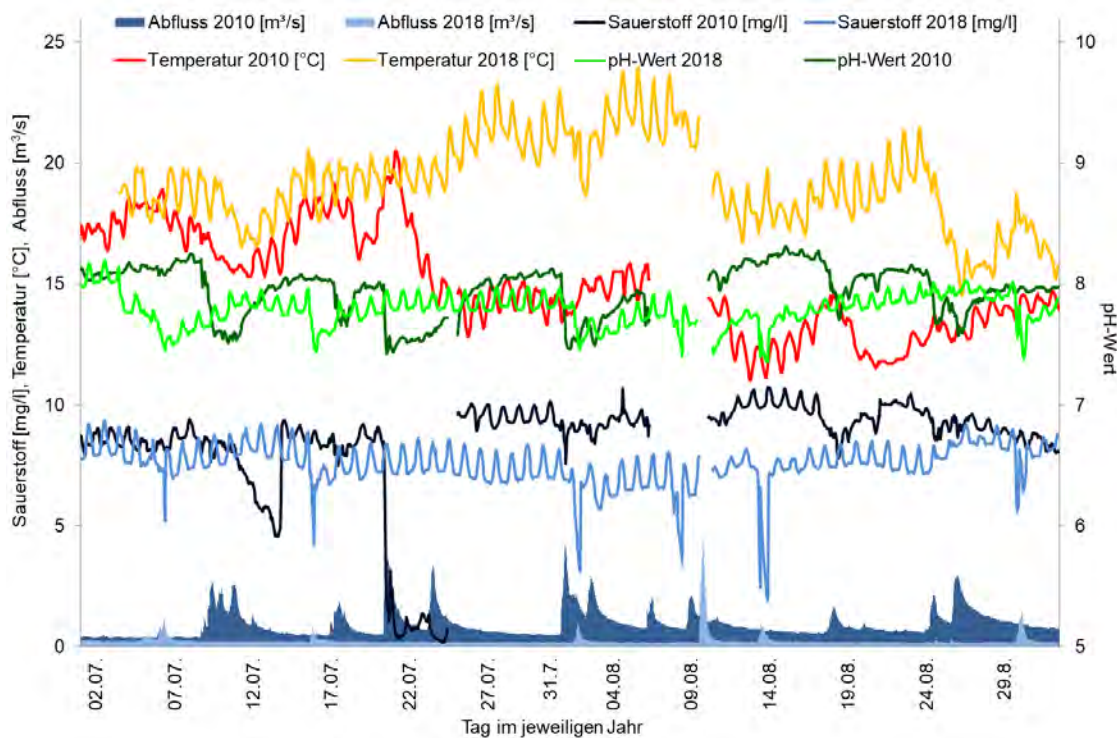


Abb. 4.1.2-9: Verlauf der Temperaturen, der pH-Werte und Sauerstoff-Konzentrationen (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (1. Juli bis 30. August 2010 und 2018)

In den Mittelwerten der Leitfähigkeit spiegeln sich hingegen die unterschiedlichen Abflussbedingungen während der beiden Jahre wider. Im Jahr 2018 liegen die durchschnittlichen Werte mit 410 $\mu\text{S}/\text{cm}$ höher als im Vergleichszeitraum 2010 mit 401 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (vgl. Tabelle 4.1.2-1). Ursache hierfür kann die geringere Verdünnung der Salze aufgrund der geringeren Wassermengen sein. Regenfälle führen jeweils zu einer Abnahme der Leitfähigkeit (Abb. 4.1.2-10). Mitte Januar 2019 kommt es zu einem starken Anstieg der Leitfähigkeit in Folge von Einträgen von Streusalzen.

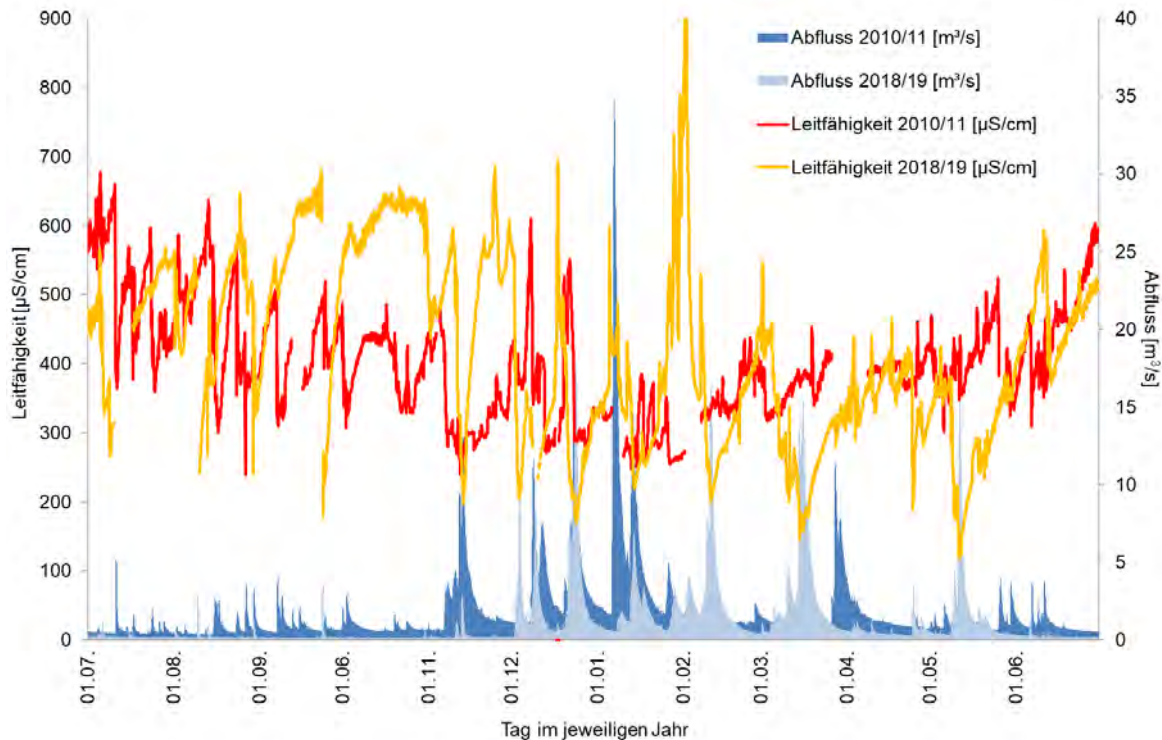


Abb. 4.1.2-10: Verlauf der Leitfähigkeit (Station *Eppelborn*) sowie Abfluss (Pegel *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Tabelle 4.1.2-1 gibt einen Überblick über die Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der in den beiden Messzeiträumen erhobenen Werte.

Wie zu erwarten spiegeln sich die oben beschriebenen Veränderungen der Phosphor-Belastungen in den Mittelwerten und den Minima der Konzentration wider, die in der Messkampagne 2018/2019 viel geringer ausfallen als im Vergleichszeitraum 2010/2011. Die Stickstoff- Parameter weisen hingegen im Vergleich nur geringe Abweichungen auf. Trotz der extremen Wetterbedingungen im Sommer und Herbst 2018 sind die Mittelwerte der Sauerstoff-Gehalte und der Temperaturen in beiden Messzeiträumen quasi identisch und auch die Minima und Maxima sind nahezu gleich (vgl. auch Abb. 4.1.2-7 und 4.1.2-7).

Tabelle 4.1.2-1: Vergleich der Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der III (Station *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

	NO ₃ -N [mg/l]		NH ₄ -N [mg/l]		PO ₄ -P [mg/l]		P _{ges} [mg/l]		TOC [mg/l]	
	2010/ 2011	2018/ 2019	2010/ 2011	2018/ 2019	2010/ 2011	2018/ 2019	2010/ 2011	2018/ 2019	2010/ 2011	2018/ 2019
Mittelwert	3,06	2,77	0,130	0,115	0,283	0,159	0,328	0,210	6,00	6,27
Median	2,78	2,26	0,066	0,006	0,262	0,149	0,303	0,191	5,88	6,02
Minimum	1,33	0,95	n.n.	n.n.	0,060	0,033	0,091	0,087	1,71	2,34
Maximum	5,52	6,48	> 2	> 2	0,733	0,665	1,32	1,33	> 25	24,6

	pH- Wert		Sauerstoff [mg/l]		Temperatur [°C]		Leitfähigkeit [µS/cm]	
	2010/ 2011	2018/ 2019	2010/ 2011	2018/ 2019	2010/ 2011	2018/ 2019	2010/ 2011	2018/ 2019
Mittelwert	8,13	7,79	9,60	9,55	11,5	11,8	402	421
Median	8,06	7,80	9,69	9,42	11,3	11,1	393	409
Minimum	7,25	7,04	< 1	1,29	1,11	1,81	239	120
Maximum	8,63	8,74	15,4	14,8	24,3	23,9	679	977

Vergleicht man die Mittelwerte der Konzentrationen der beiden Messkampagnen mit den Anforderungen der aktuellen OGeV [6]²⁵ sowie dem Schwellenwert für Nitrat gemäß Methodenhandbuch [7] an allen drei Standorten über den oben genannten Messzeitraum (vgl. Kapitel 2.3.1), so zeigt sich, dass der jeweilige Prozentsatz der Überschreitung (im Falle von Sauerstoff: Unterschreitung) für alle erfassten Parameter in beiden Jahren ähnlich ist (Abb. 4.1.2-11). Die Gehalte von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat liegen, wie an vielen anderen Standorten auch, fast immer über den Anforderungen von 0,1 bzw. 0,07 mg/l, während der Messkampagne 2018/2019 kommt es sogar noch etwas häufiger zu Überschreitungen. Trotz der im Vergleich zu 2010/2011 insgesamt geringeren Phosphor-Belastungen (vgl. Kapitel 4.1-3) treten diese Überschreitungen wegen des viel geringeren Abflusses öfter auf. Die etwas selteneren Überschreitungen des Ammonium-Grenzwertes von 0,1 mg/l in 2018/2019 könnten wiederum auf eine verbesserte Nitrifizierung infolge der höheren Temperatur zurückzuführen sein, auch Überschreitungen des Schwellenwertes für Nitrat kommen im Jahr 2018/2019 trotz sehr viel ungünstigeren Abflussbedingungen seltener vor als in 2010/2011.

²⁵ Als Referenzen werden die Anforderungen der aktuellen OGeV zugrunde gelegt, die allerdings, z.B. für Ammonium, etwas strenger sind als diejenige Version der OGeV, welche für die Messzeiträume 2006/2007 und 2010/2011 galt.

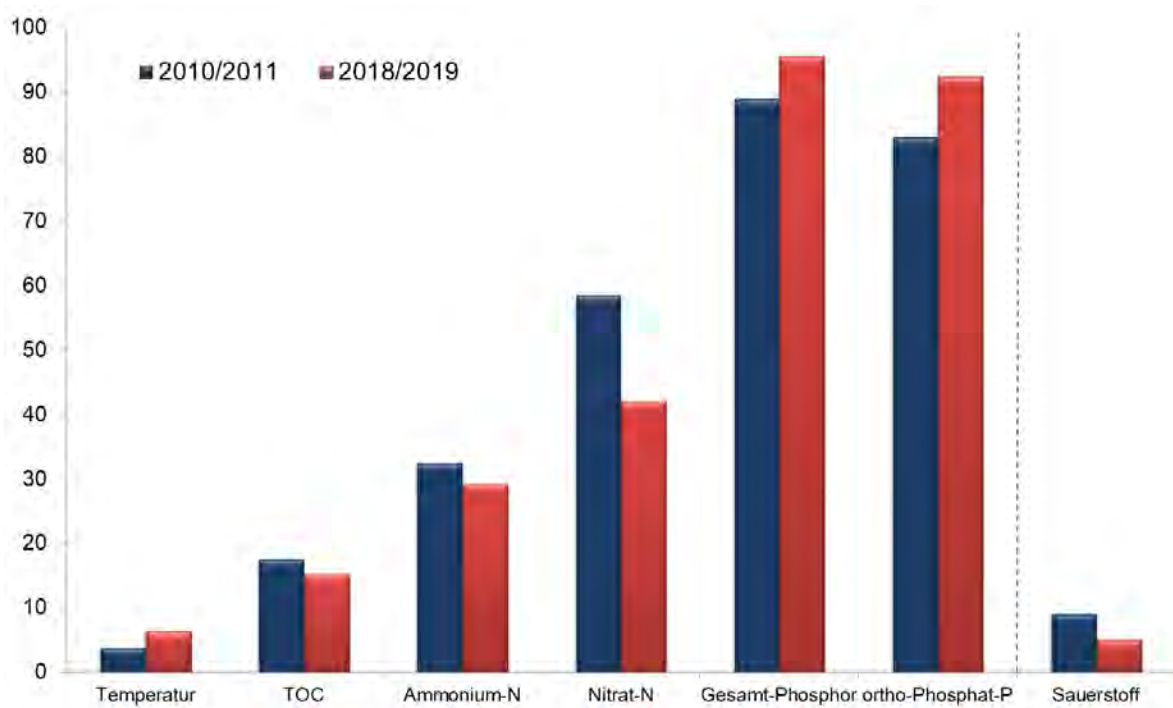


Abb. 4.1.2-11: prozentuale Überschreitung (im Falle von Sauerstoff: Unterschreitung) der jeweiligen Anforderungen gemäß OGewV [7] sowie des Schwellenwertes für Nitrat gemäß Methodenhandbuch [7] (Station *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Um die Konzentrationsdaten der beiden Messkampagnen weitergehend zu vergleichen zu können, wurde zudem die Methode der Hauptkomponentenanalyse (engl.: Principal Component Analysis; PCA) angewandt (vgl. Kapitel 2.3.4). Der Vorteil der PCA ist die Reduktion vieler Maße auf wenige Informationen, die dann graphisch abgebildet werden können. So können z.B. auch Zusammenhänge festgestellt werden, die in zweidimensionalen Systemen nicht sichtbar sind, oder es können Scheinkorrelationen aufgedeckt werden. Sie bietet daher eine gute Möglichkeit, ein komplexes System vereinfacht darzustellen.

Bei einer PCA wird zuerst im sogenannten screeplot aufgeschlüsselt, mit welcher Genauigkeit die einzelnen Hauptkomponenten das jeweilige System, in diesem Fall Gewässersystem, beschreiben.

Für beide Zeiträume kann gesagt werden, dass bereits jeweils die erste Hauptkomponente mit 49% bzw. 39,8% einen vergleichsweise hohen Wert erreicht, also diese Komponente den größten Teil (die größte Varianz) des jeweiligen Gesamt-Systems bereits sehr gut erklärt. Zieht man die beiden folgenden Komponenten hinzu, so erreicht man mit einer Summe von ca. 80% eine recht hohe Genauigkeit, so dass diese drei Hauptkomponenten zur Beschreibung des Systems für beide Messzeiträume als ausreichend erachtet werden können. Die Hauptkomponenten 4 bis 10, die in der Abb. zu sehen sind, können daher bei der Interpretation des PCA-Modells vernachlässigt werden.

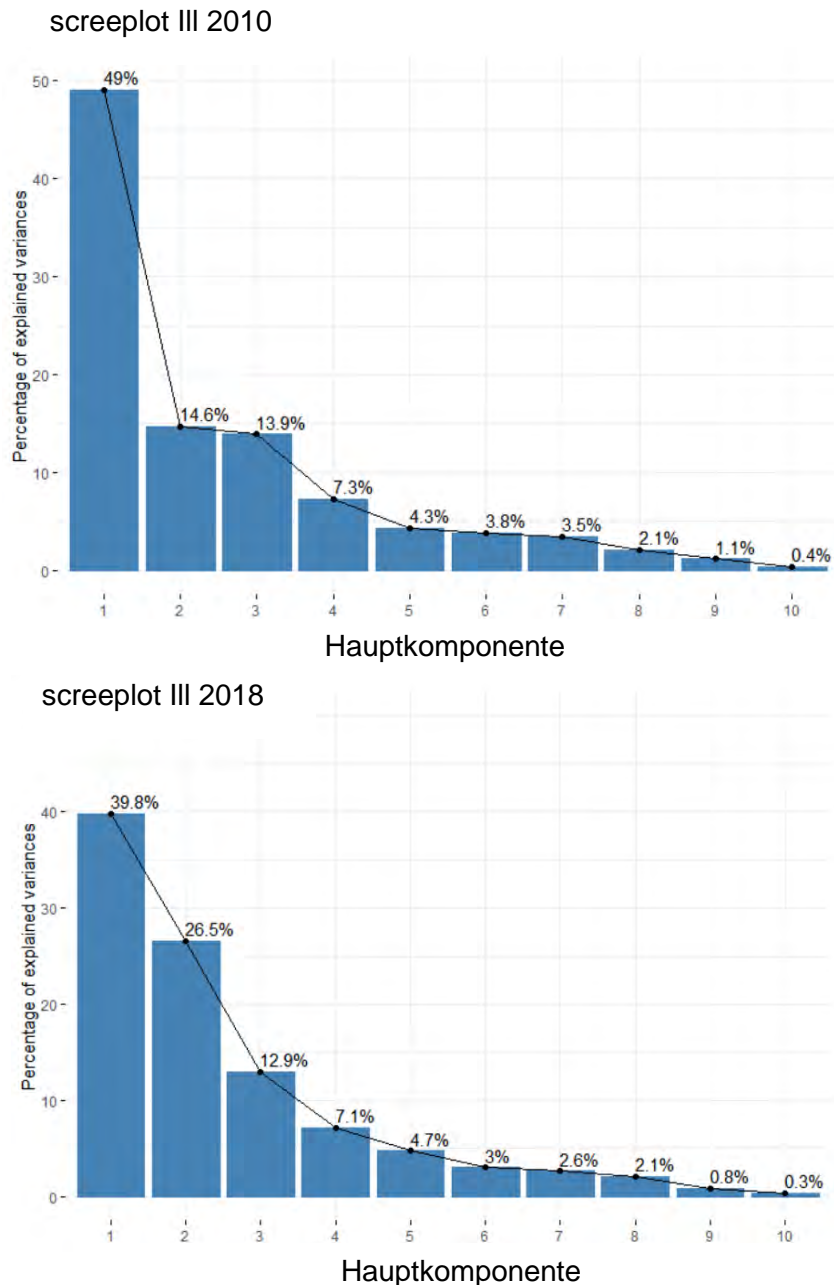


Abb. 4.1.2-12: Screepplots der PCA (Hauptkomponentenanalyse) der Konzentrationsdaten (Station *Eppelborn*) der beiden Messzeiträume (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Die mit Hilfe der PCA ermittelten Zusammenhänge können für alle Parameter zudem als Vektoren in einem zweidimensionalen Raum abgebildet werden. Dies erfolgt in Abb. 3.4-8 zusammen mit einer farbigen Darstellung der Gruppierungen (Cluster) der Parameter. Auf diese Weise zeigt sich, welche der Parameter miteinander korrelieren²⁶ und welche nicht. In Abb. 4.1.2-13 ist diese Darstellungsweise zusammen mit einer farblichen Markierung der Gruppierungen (Cluster) der Parameter ausgeführt und für die 3 zuvor gewählten Hauptkomponenten (Dim) aufgetragen (links jeweils Dim1 und Dim2; rechts jeweils Dim2 und Dim3). Grundsätzlich lässt sich dabei feststellen, dass im Datensatz der Messkampagne 2010/2011 dieselben Messparameter als Gruppen erkannt werden wie für 2018/2019, einzig der pH-Wert wird vom Cluster Nitrat-Ammonium-Sauerstoff in das Cluster Temperatur-

²⁶ Die Vektoren liegen dann nah beieinander und weisen in dieselbe Richtung.

Phosphor-Leitfähigkeit verschoben (Cluster 1: Phosphor, Temperatur, Leitfähigkeit (2010/2011: pH-Wert); Cluster 2: TOC und Trübung; Cluster 3: Nitrat, Ammonium Sauerstoff (2018/2019: pH-Wert)). In beiden Messzeiträumen zeigen Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat eine hohe Korrelation, was wiederum dafür spricht, dass nur wenig partikelgebundener Phosphor aus Erosionen landwirtschaftlich genutzter Flächen das Gewässer beeinflusst. Zudem korrelieren TOC und Trübung stark, wohingegen Sauerstoff und Temperatur entgegengesetzt verlaufen. Beide Phänomene sind natürlich bedingt, da TOC oftmals an Trübstoffe gebunden im Gewässer vorliegt und die physikalische Löslichkeit von Sauerstoff im Wasser direkt an die Temperatur gebunden ist.

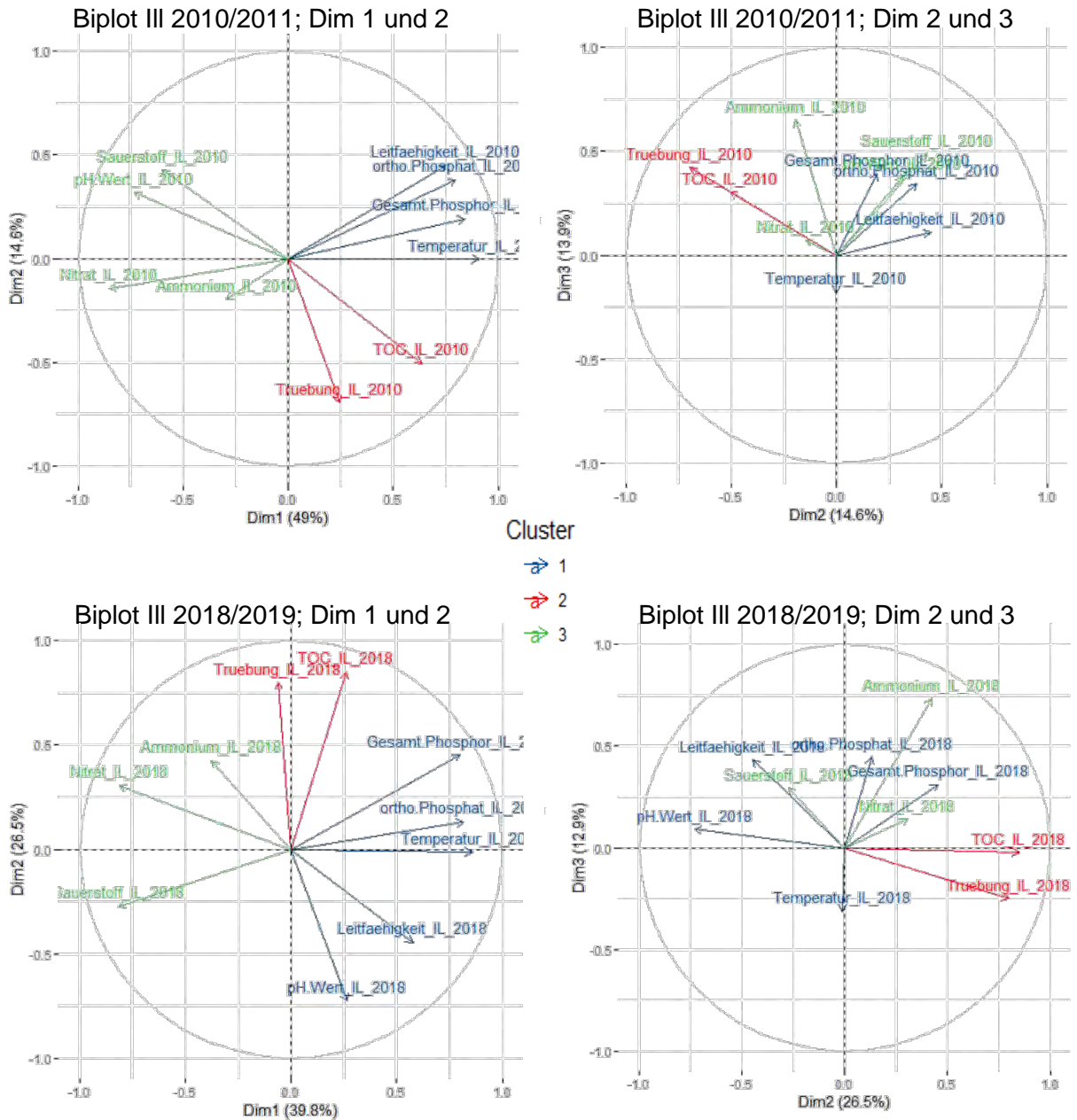


Abb. 4.1.2-13: Biplots mit Cluster der PCA der Konzentrationsdaten (Dim = Hauptkomponente) (Station Eppelborn) (links: Hauptkomponenten 1 und 2; rechts: Hauptkomponenten 2 und 3) der beiden Messzeiträume (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Zusätzliche Informationen ergeben sich aus der Darstellung sogenannter correlationplots. Dabei wird der Beitrag jedes einzelnen Parameters für jede Hauptkomponente für das Gewässersystem aufgeschlüsselt, wobei die Größe und Farbintensität der blauen Punkte den Beitrag des Parameters für die jeweilige Hauptkomponente markiert (je größer der Punkt desto höher der Beitrag) (Abb. 4.1.2-14). Es wird ersichtlich, dass das Gewässersystem am Standort in *Eppelborn* in beiden Messzeiträumen im Hinblick auf die Nährstoffe stark von Phosphor und Nitrat beeinflusst wird. Die Bedeutung von Sauerstoff sowie auch die der Trübung und TOC als Gruppe nimmt von 2010/2011 nach 2018/2019 hin deutlich zu. Besonders auffällig ist, dass Ammonium eine eigene Hauptkomponente (Dim3) dominiert, also ohne Zusammenhang mit den anderen Parametern das System zeitweise stark beeinflusst, und dass dieser Einfluss während der Messkampagne 2018/2019 größer ist als 2010/2011. Dies spiegelt den Sachverhalt wider, dass Ammonium an diesem Standort aufgrund von Einträgen kommunaler Abwässer oft in hohen Konzentrationen auftritt, während wärmerer Phasen im Ablauf der Kläranlagen jedoch kaum Ammonium eingeleitet wird. Positiv hervorzuheben ist, dass der Sauerstoff von 2010/2011 nach 2018/2019 an Bedeutung gewinnt, was auf eine zunehmend verbesserte Sauerstoff-Versorgung am Standort in *Eppelborn* hindeutet.

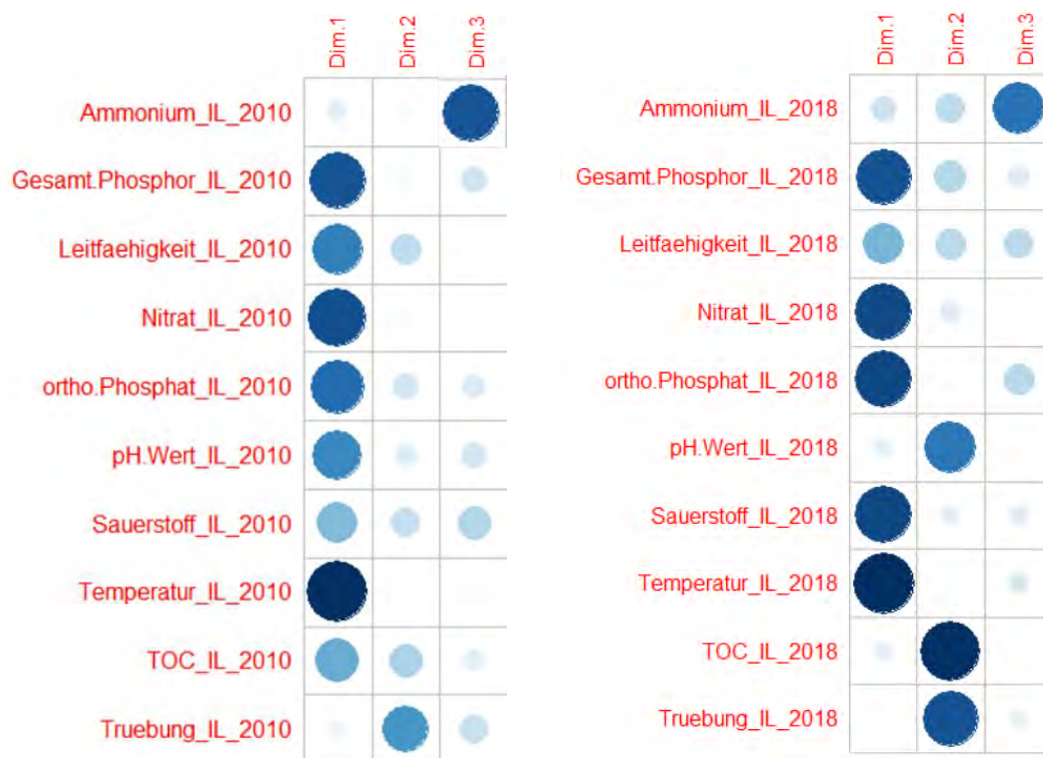


Abb. 4.1.2-14: Correlationplots der PCA der Konzentrationsdaten der beiden Messzeiträume (Dim = Hauptkomponente) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

4.1.3 Vergleich der Frachten

Die Abb. der Frachten, die für die hier besprochenen Zeiträume ermittelt wurden, finden sich im Anhang (Tabelle 8-2 sowie Abb. 8-13 bis 8-16).

In Tabelle 4.1.3-1 sind die Mittelwerte, Mediane und Extremwerte der Frachten der Nährstoffe sowie deren Gesamtfrachten für die beiden Messzeiträume gegenübergestellt.

In dieser Aufstellung zeigen sich zunächst mehr oder weniger große Differenzen zwischen den Gesamtfrachten der beiden Messzeiträume. Besonders auffällig sind die Unterschiede bei Nitrat und Gesamt-Phosphor: so wurde für Gesamt-Phosphor innerhalb der Kampagne 2018/2019 nur etwa halb so viel Fracht ermittelt wie für 2010/2011 und für Nitrat etwa 25% weniger Fracht.

Insofern ist es von besonderer Bedeutung, welche Mengen an Nährstoffen aus den Haupt-Belastungsquellen stammen und wo sich diesbezüglich Veränderungen im Einzugsgebiet ergeben haben. Zu diesem Zweck wurden die für die Jahre 2010/2011 und 2018/2019 ermittelten Frachten analog der in Kapitel 2.3.2 ausgeführten Vorgehensweise ausgewertet und auch die Ablaufrachten der Kläranlagen im Einzugsgebiet berücksichtigt.

Tabelle 4.1.3-1: Vergleich der Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Frachten sowie Gesamtfrachten der Nährstoffe (Messstation *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Frachten	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P _{Ges}	PO ₄ -P	TOC
Mittelwert 2010/2011 [kg/h]	0,706	20,3	1,51	1,18	31,8
Median 2010/2011 [kg/h]	0,224	10,2	1,045	0,918	17,6
Minimum 2010/2011 [kg/h]	n.n.	2,223	0,515	0,311	5,18
Maximum 2010/2011 [kg/h]	16,3	220	23,2	10,5	675
Gesamtfracht 2010/2011 [t]	6,18	178	13,3	10,4	279
Mittelwert 2018/2019 [kg/h]	0,598	15,4	0,769	0,471	29,1
Median 2018/2019 [kg/h]	0,010	2,57	0,210	0,161	6,25
Minimum 2018/2019 [kg/h]	n.n.	0,525	0,079	0,064	4,01
Maximum 2018/2019 [kg/h]	13,9	352	24,3	7,41	847
Gesamtfracht 2018/2019 [t]	5,24	135	6,74	4,12	255

Die Unterteilung der Frachten in die Grundfrachten und diejenigen Mengen, die in Folge von Niederschlagsereignissen transportiert werden („Regen“-Frachten“), ergaben dabei für die beiden Bezugsjahre die in Abb. 4.3.1-1 aufgeführten Werte (absolute Mengen in Tonnen auf den Balken).

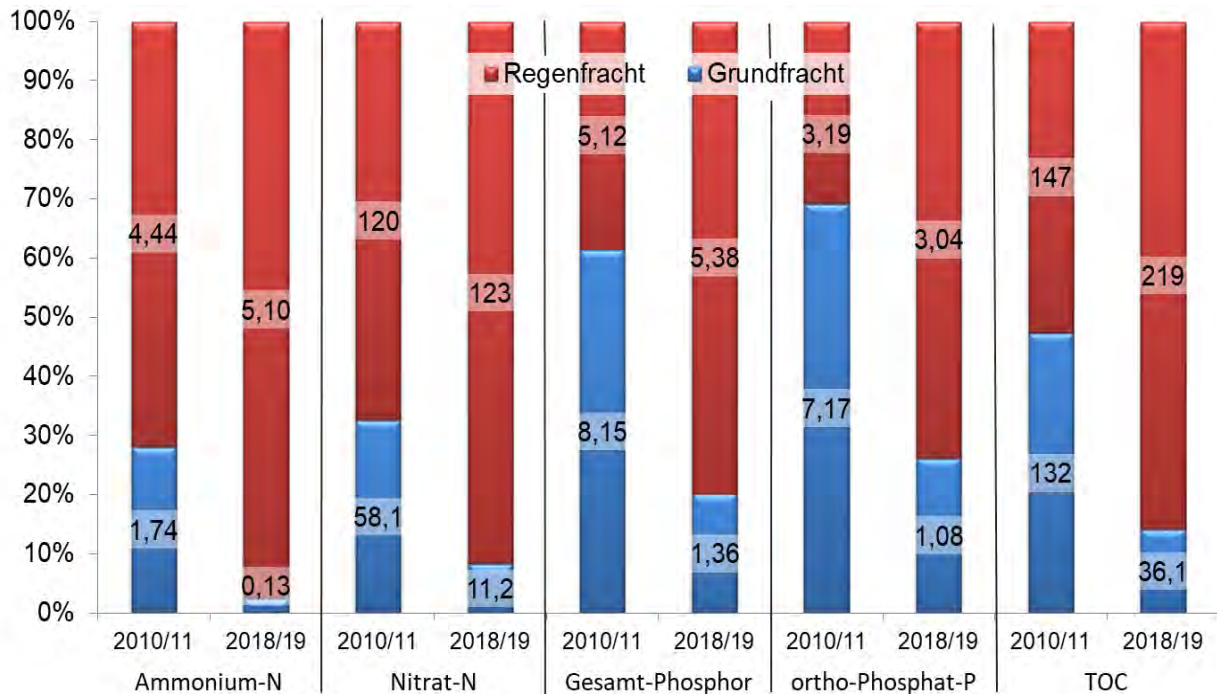


Abb. 4.1.3-1: Vergleich der Anteile der Grund- und „Regen“-Frachten an der Gesamtfracht in Prozent und in absoluten Mengen in Tonnen (Werte auf Balken (Messstation *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Es hat zunächst den Anschein, dass für alle Nährstoffe die absoluten Mengen der Grundfrachten im Jahr 2018/2019 geringer sind als im Jahr 2010/2011, die „Regen“-Frachten“ hingegen höher. Dies ist dadurch zu erklären, dass die Mediane der beiden Abfluss-Datensätze aufgrund der sehr unterschiedlichen Wassermengen sehr verschieden sind (2010/2011: 1,01; 2018/2019: 0,336) und so durch das Median-Kriterium im Falle des Datensatzes 2018/2019 die Grenze zwischen Grund- und „Regen“-Fracht bei einem sehr viel kleineren Abflusswert liegt.

Bemerkenswert ist zudem, dass die Frachten an Gesamt-Phosphor um die Hälfte, die Frachten an ortho-Phosphat um 60% zurückgegangen sind, dabei der Anteil an Partikel gebundenem Phosphor, welcher hauptsächlich durch die Erosion landwirtschaftlich genutzter Flächen in das Gewässer eingetragen wird, annähernd gleich geblieben ist.

Die Abb. 4.1.3-2 gibt die Zunahme bzw. Abnahme der Frachten (als Gesamtfrachten, Grund- und „Regen“-Frachten) von 2010/2011 zu 2018/2019 in Prozent wieder. Insgesamt ist dabei festzuhalten, dass für Stickstoff und Phosphor eine Reduktion der Gesamtfrachten zu verzeichnen ist. Zwar zeigt sich vor allem bei den Grundfrachten eine erhebliche Reduktion, diese ist zum Teil wiederum auf die oben beschriebene Differenz der beiden Abfluss-Mediane zurückzuführen und ein rechnerisches Phänomen.

Dennoch wird ersichtlich, dass es zu einer Reduktion der Grundfrachten kam, was hauptsächlich in der Optimierung der Kläranlagen begründet liegt. Die Zunahme der Ammonium-Frachten infolge von Niederschlag ist dadurch zu erklären, dass durch die Verminderung der Grundfracht die relative Menge an Ammonium bei Regen ansteigt. Die Zunahme der TOC-Frachten, die infolge von Niederschlägen in das Gewässer gelangt, könnte mit der Verteilung der Niederschlagsereignisse zusammenhängen, die im Messzeitraum 2018/2019 häufiger als Starkregen ausgeprägt waren und somit den Transport von TOC aus der Landschaft begünstigten. Da die Konzentrationen an TOC in Trockenzeiten, unabhängig von der Wassermenge, durch metabolische Prozesse im Gewässer weitestgehend gleich bleiben (5 bis 6 mg/l), ist die Fracht bei geringen Abflüssen, wie sie im Messzeitraum 2018/2019 auftraten, sehr viel geringer.

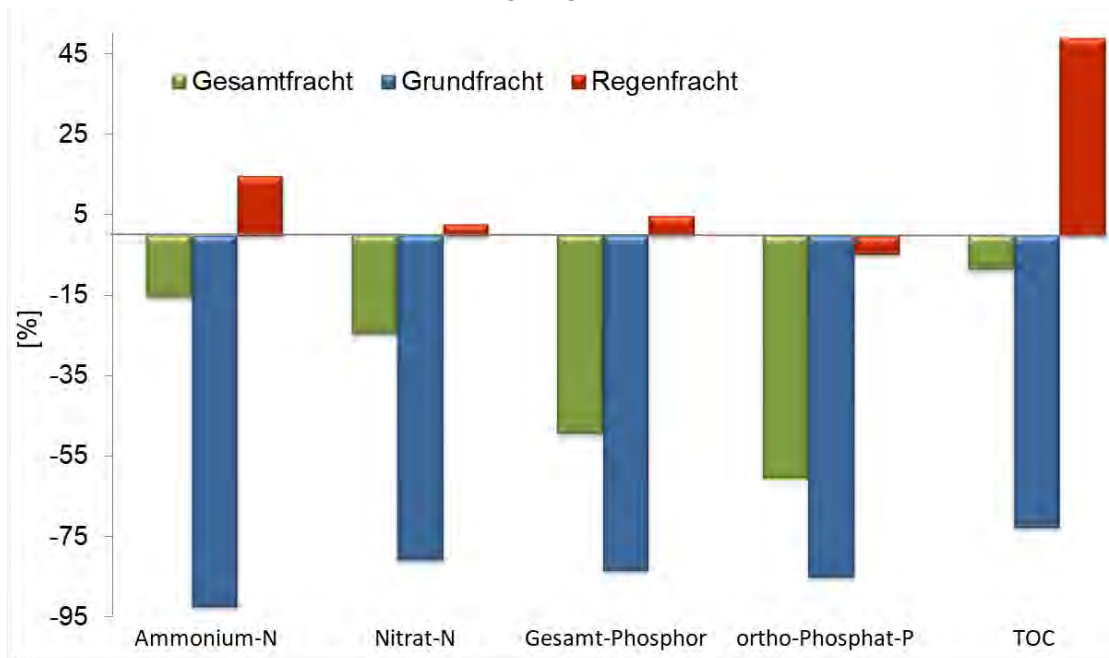


Abb. 4.1.3-2: Zunahme bzw. Abnahme der Frachten als Gesamtfrachten, Grund- und „Regen“-Frachten von 2010/2011 zu 2018/2019 in Prozent (Messstation *Eppelborn*) (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Der Anteil des Ammoniums am Gesamt-Stickstoff beträgt während geringer Abflüsse und in regenreichen Zeiten in beiden Betrachtungszeiträumen nur jeweils etwa 3 %.

Hingegen beläuft sich der Anteil des an Partikel gebundenen Phosphors an Gesamt-Phosphor im Messzeitraum 2010/2011 auf 22% insgesamt (Grundfracht 7%, „Regen“-Fracht 15%), im Messzeitraum 2018/2019 beträgt dieser Anteil fast 40% (Grundfracht 4%, „Regen“-Fracht 35%). Die absolute Menge an Partikel gebundenen Phosphor in der III lag im Zeitraum 2018/2019 mit 2,9 t trotz geringerer Niederschläge und Abflüsse etwas höher als 2010/2011 (2,6 t).

Wie in Kapitel 2.3.2 erläutert, wurde unter Berücksichtigung der Emissionsfrachten der Kläranlagen im Einzugsgebiet eine Kategorisierung der Grund- und „Regen“-Frachten vorgenommen, um die Herkunft der Belastungen zu ermitteln. Es ergeben sich die in Tabelle 4.1.3-2 festgehaltenen Frachten in Tonnen sowie deren Anteil an der jeweiligen Gesamtfracht in Klammern.

Tabelle 4.1.3-2: Berechnete Herkunft der Frachten (Prozent-Angaben in Klammern) in der Ill (Station *Eppelborn*) in den Messzeiträumen 2010/2011 und 2018/2019 (1. Juli 2010 bzw. 2018 bis 30. Juni 2011 bzw. 2019)

Gesamt-Stickstoff t (%)	Landwirtschaft	Kläranlage	Mischwasserentlastung	Grundwasser	Summe
2010/2011	120 (65)	18,1 (10)	4,44 (2)	41,8 (23)	184
2018/2019	121 (86)	14,9 (11)	4,10 (3)	0	140

Gesamt-Phosphor t (%)	Landwirtschaft	Kläranlage	Mischwasserentlastung	Summe
2010/2011	1,93 (15)	8,15 (61)	3,19 (24)	13,3
2018/2019	2,34 (35)	1,36 (20)	3,04 (45)	6,74

Der Vergleich zeigt, dass die absoluten Frachten von Gesamt-Phosphor und von Gesamt-Stickstoff aus Landwirtschaft und Mischwasserentlastung nahezu unverändert sind, hingegen die Abläufe aus den Kläranlagen deutlich zurückgegangen sind. Vor allem bei den Phosphor-Frachten wird eine starke Reduktion für die Emissionen aus Kläranlagen ersichtlich, was mit den oben beschriebenen Beobachtungen korrespondiert. Hingegen ergibt sich für den Messzeitraum 2010/2011 ein nicht unerheblicher Anteil von Gesamt-Stickstoff aus dem Grundwasser, der 2018/2019 nicht mehr nachgewiesen werden konnte.

Insgesamt waren die Gesamt-Mengen an Nährstoffen insgesamt im Messzeitraum 2018/2019 deutlich geringer als 2010/2011, so dass 2018/2019 nur 75% der Fracht an Gesamt-Stickstoff und die Hälfte an Gesamt-Phosphor erfasst wurde.

4.1.4 Vergleich mit den durch die Behörde erhobenen Messwerten und Trendbetrachtung

Neben den online erhobenen Messdaten der Jahre 2010/2011 und 2018/2019 wurden auch die Messwerte des behördlichen Überwachungsprogrammes der Ill zur Bewertung des Zustandes der Ill herangezogen. Bei diesen Messwerten handelt es sich um die Daten der Stichprobenahmen der Jahre 2006 bis 2018 an der Landes-Messstelle in *Bubach-Calmesweiler* (1489).

Die Einzelwerte dieser Messungen sind für die mit den online erhobenen Parametern vergleichbaren Daten in Abb. 4.1.4-1 bis 4.1.4-3 dargestellt. So lassen sich die Extremwerte der einzelnen Messgrößen erkennen, wie z.B. die Leitfähigkeit (fast 1200µS/cm) im Januar 2017, welche sicher durch die Einträge von Streusalzen bedingt war (Abb. 4.1.4-1). Die Grundgehalte von Ammonium scheinen ab dem Jahr 2010 abzunehmen. Die Nitrat-Konzentrationen zeigen in allen Jahren, wie oben beschrieben, im Herbst und Winter sehr viel höhere Messwerte als im Frühjahr und Sommer (Abb. 4.1.4-2).

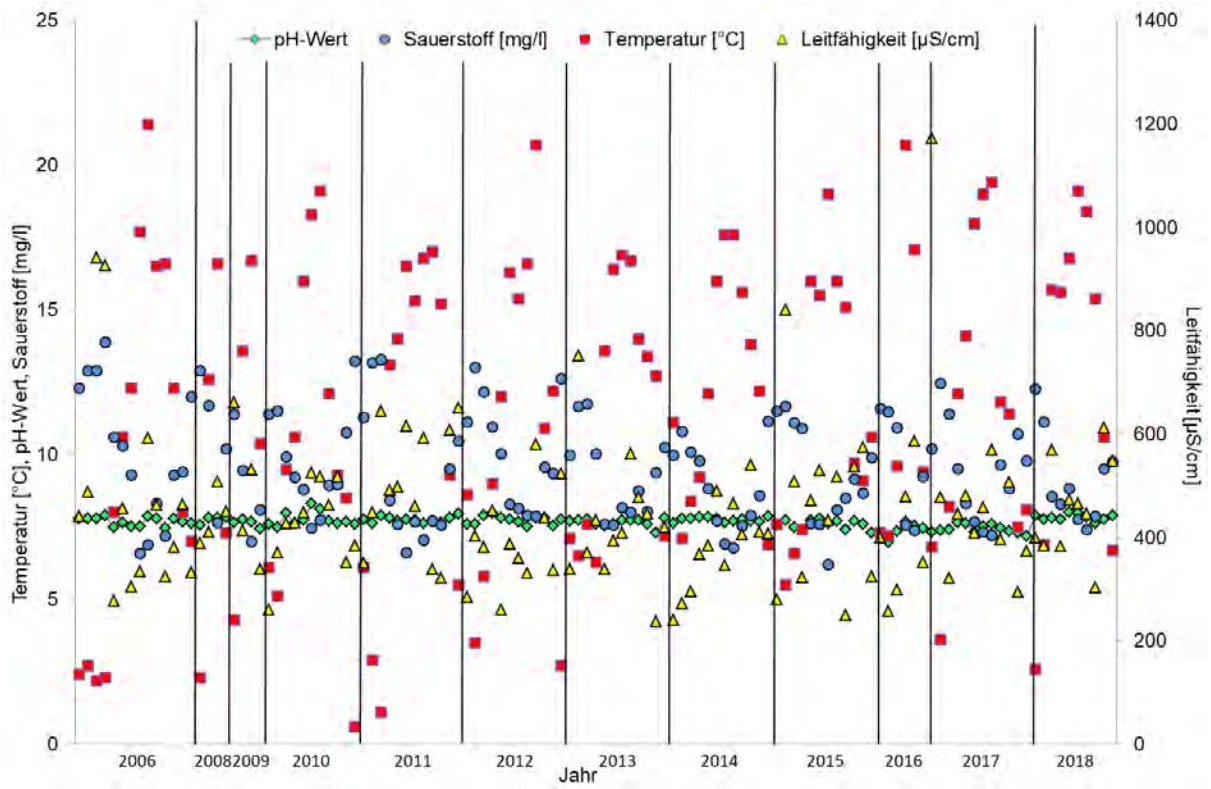


Abb. 4.1.4-1: Ergebnisse der Messungen von Sauerstoff, Temperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit in den Jahren 2006 bis 2018 in der III an der Landes-Messstelle in *Bubach-Calmesweiler* (1489) durch das LUA

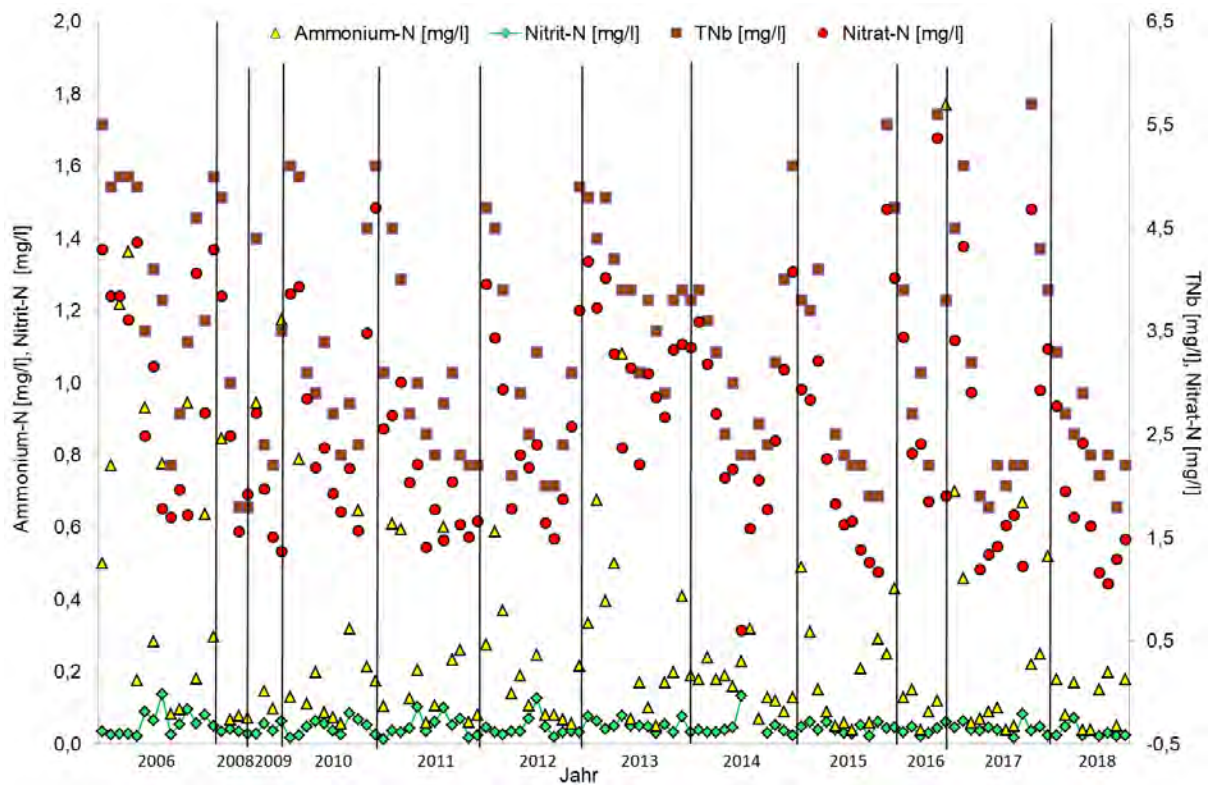


Abb. 4.1.4-2: Ergebnisse der Beprobung von TNb, Nitrat, Ammonium und Nitrit in den Jahren 2006 bis 2018 in der III an der Landes-Messstelle in *Bubach-Calmesweiler* (1489) durch das LUA

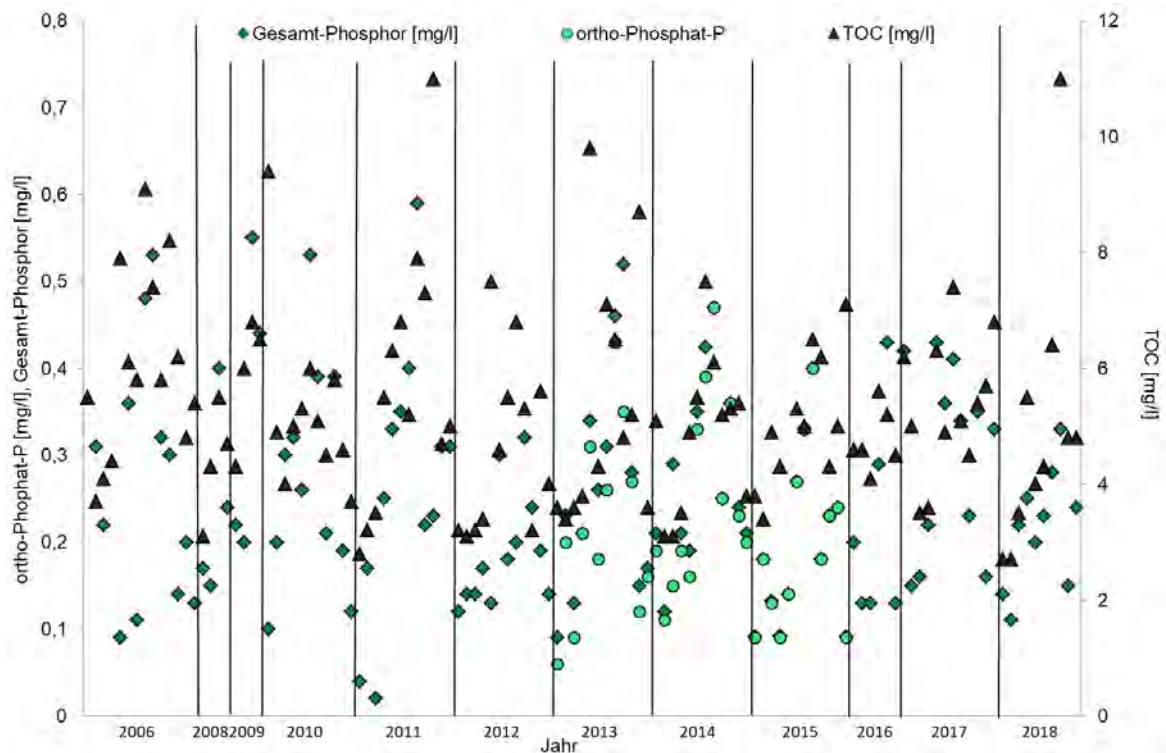


Abb. 4.1.4-3: Ergebnisse der Beprobung von Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat und TOC in den Jahren 2006 bis 2018 in der Ill an der Landes-Messstelle in *Bubach-Calmesweiler* (1489) durch das LUA

Allerdings eignen sich manuelle Beprobungen für solche Parameter, die, wie z.B. Sauerstoff oder Temperatur, an einem absoluten Minimum oder Maximum beurteilt werden sollen, nicht für eine endgültige Bewertung. Darüber hinaus sind die Ergebnisse der Beprobung gerade bei diesen Parametern aufgrund ihrer ausgeprägten Tagesgänge in hohem Maße von der Uhrzeit der Beprobung abhängig.

Datenreihen über längere Zeiträume lassen sich jedoch sehr gut für die Ermittlung von Trends heranziehen. Daher wurde, basierend auf der in Kapitel 2.3.4 beschriebenen Vorgehensweise, für die oben beschriebenen Messwerte der Landes-Messstelle eine Trendermittlung für die Jahre 2006 bis 2018 durchgeführt. Die Prüfung der entsprechenden Jahres-Mediane auf Normalverteilung mit Hilfe des Shapiro-Wilk-Testes ergab, dass die Daten der Parameter von Ammonium, pH-Wert, Aluminium, Barium, Eisen und Strontium nicht normalverteilt sind (Tabelle 8-3 im Anhang). Für diese Parameter wurde der Trend mit Hilfe des Mann-Kendall-Tests bestimmt, wobei lediglich Ammonium zurückzuführen einen signifikanten abnehmenden Trend für die Zeitspanne von 2006 bis 2018 aufweist (Abb. 4.1.4-4). Dieser wird vor allem durch die sehr hohen Ammonium-Konzentrationen der Jahre 2006 und 2009 hervorgerufen.

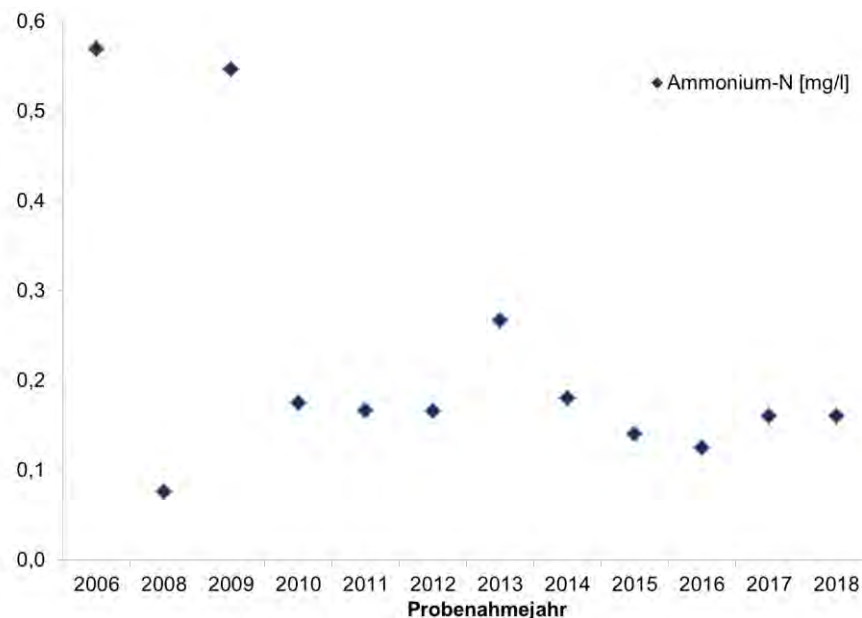


Abb. 4.1.4-4: Jahres-Mediane von Ammonium mit signifikant abnehmendem Trend (LUA-Beprobungen der Ill in *Bubach-Calmesweiler*, Landes-Messstelle 1498, 2006 bis 2018)

Von den normalverteilten Parametern konnte mit Hilfe der linearen Regression nur für Mangan, Chrom und Nickel ein signifikant abnehmender Trend ermittelt werden (Abb. 4.1.4-5).

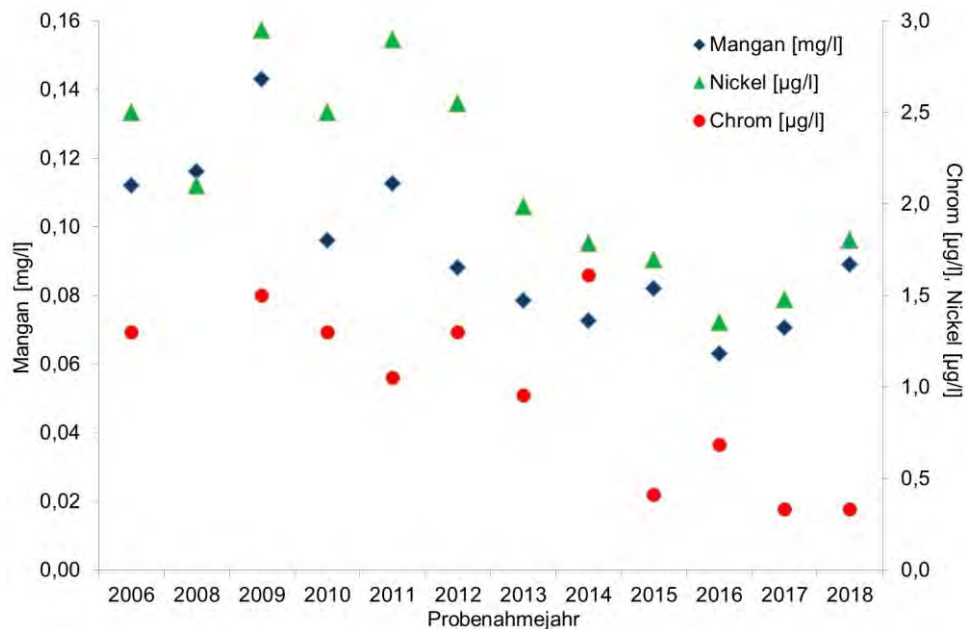


Abb. 4.1.4-5: Jahres-Mediane von Chrom, Mangan und Nickel mit signifikant abnehmendem Trend (LUA-Beprobungen der Ill in *Bubach-Calmesweiler*, Landes-Messstelle 1498, 2006 bis 2018)

Für keinen weiteren der gemessenen Parameter wie die übrigen Nährstoffe (Nitrat, Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat, TOC), die elektrochemischen Messgrößen, die (Halb-, Erdalkali- und Schwer-) Metalle (Aluminium, Arsen, Barium, Blei, Bor, Kalzium, Eisen, Kalium, Kupfer, Magnesium, Natrium, Silicium, Strontium, Zink) sowie für Sulfat und Chlorid konnte ein signifikanter Trend festgestellt werden.

Da es im Einzugsgebiet der Ill keine Grundwasser-Messstellen gibt, liegen über die Belastung des Grundwassers für dieses Einzugsgebietes keine Informationen vor.

4.1.5 Fazit Ill

Obwohl die beiden Messzeiträume in Bezug auf Wetter- und vor allem Abflussbedingungen recht unterschiedlich waren, lassen sie sich beim Vergleich der beiden Jahre der Messdaten der Ill am Standort in *Eppelborn* dennoch belastbare Aussagen über den Gewässerzustand und dessen Veränderungen treffen.

Die erfassten Spitzenkonzentrationen an Nährstoffen sind in beiden Zeiträumen gleich hoch, allerdings ist sowohl in Bezug auf Stickstoff als auch auf Phosphor eine Verringerung der Belastungen festzustellen. Im Falle von Phosphor ist dies vornehmlich auf die Optimierungsmaßnahmen der im Einzugsgebiet befindlichen Kläranlagen zurückzuführen. Die Emissionen konnten in den Abläufen stark reduziert werden, so dass sich immissionsseitig eine Abnahme der Fracht von 50% (für ortho-Phosphat sogar von 60%) ergibt. Dies spiegelt sich auch in einem deutlichen Rückgang der Konzentrations-Mittelwerte wider, dennoch überschreiten die Werte nach wie vor fast durchgehend die Anforderungen der OGeV. Der Anteil an Partikel gebundenem Phosphor, welcher hauptsächlich durch Oberflächeneinträge von landwirtschaftlich genutzten Flächen stammt, blieb hingegen nahezu gleich.

In beiden Messzeiträumen konnten jeweils ca. 30 Abschlagsereignisse von Mischwasserentlastungen unterschiedlichster Intensität erfasst werden.

Die TOC-Konzentrationen zeigen sich, vermutlich aufgrund von metabolischen Prozessen im Gewässer, unabhängig von Verdünnungseffekten, so dass sowohl in trockeneren Zeiträumen (2018/2019) wie auch bei höheren Abflüssen (2010/2011) dieselben Grundgehalte von 5 bis 6 mg/l verzeichnet werden konnten.

Trotz der extrem warmen Lufttemperaturen im Messzeitraum 2018/2019 konnten keine wesentlichen Unterschiede im Temperaturregime der Ill am Standort in *Eppelborn* festgestellt werden. Auch die Sauerstoff-Verhältnisse waren vergleichbar, es zeigte sich allerdings, dass Einträge aus Mischwasserentlastungen im Jahr 2010/2011 einen deutlich stärkeren negativen Effekt auf den Sauerstoff-Haushalt hatten als im Jahr 2018/2019. Dies spricht wiederum dafür, dass der Grad der Eutrophierung an diesem Standort im Laufe der Jahre zurückgegangen ist.

Weitere Informationen ergeben sich aus der Analyse der Daten mit Hilfe der PCA (Principle Component Analysis; Hauptkomponentenanalyse). Es zeigte sich, dass das Gewässersystem am Standort in *Eppelborn* in beiden Messzeiträumen stark von Phosphor und Nitrat beeinflusst wurde. Positiv hervorzuheben ist, dass der Sauerstoff von 2010/2011 nach 2018/2019 an Bedeutung gewinnt, was auf eine zunehmend verbesserte Sauerstoff-Versorgung am Standort in *Eppelborn* hindeutet.

Die Ermittlung der längerfristigen Trends auf Basis der Überwachungsdaten des LUA ergab für die Jahre 2006 bis 2018 einen signifikant abnehmenden Trend für Ammonium, was auf eine Verbesserung der Abwasserbehandlung im Einzugsgebiet zurückgeführt werden kann. Ebenso zeigten sich signifikanter Trendrückgang bei Mangan, Chrom und Nickel.

4.2 Theel an der Knorscheider Mühle

4.2.1 Auswahl der zu vergleichenden Zeiträume 2006/2007, 2010/2011 und 2018/2019

In den folgenden Kapiteln wird beleuchtet, inwiefern sich der Chemische Zustand der Theel im Laufe der Jahre verändert hat. Dazu werden zunächst die Frachten der Nährstoffe und der Verlauf einzelner chemisch-physikalischer Parameter der Messkampagnen 2006/2007, 2010/2011 und 2018/2019 einander gegenübergestellt.

Wie in Kapitel 2.3.3 erläutert wurden aus der verlängerten Messkampagnen 2018/2019 für die Theel in *Lebach* zwei Datensätze erstellt, um zu prüfen, welcher der beiden am ehesten die zum Vergleich heranzuziehenden Bedingungen der Messkampagne 2010/2011 abbildet²⁷: der zusammenhängende Datensatz 1 (DS1) vom 9. April 2018 bis 31. Oktober 2019, welcher die extrem trockenen und heißen Sommer- und Herbstmonate des Jahres 2018 beinhaltet, und der „gesplittete“ Datensatz 2 (DS2) von 9. April 2019 bis 31. Oktober 2019 und 1. November 2018 bis 08. April 2019, in dem die Monate mit extremen Wetterbedingungen so weit wie möglich durch die Daten aus dem Jahr 2019 ersetzt wurden. Um den Unterschied der drei Messzeiträume hinsichtlich der jeweiligen Wetterbedingungen beurteilen und um festzustellen zu können, welcher der oben beschriebenen Datensätze sich besser zum Vergleich mit den Daten aus den beiden Messzeiträumen 2006/2007 und 2010/2011 eignet, wurden die Mittelwerte und Mediane (für Niederschlag: Summe) sowie die Extrema der Abflüsse und Wetterdaten der DS1 und 2 von 2018/2019 den entsprechenden Abflüsse und Wetterdaten von 2006/2007²⁸ und 2010/2011 einander gegenüber gestellt (Tabelle 4.2.1-11 sowie Abb. 8-11 und 8-12 im Anhang).

Tabelle 4.2.1-1: Vergleich der Mittelwerte (für Niederschlag: Summe), Mediane, Minima und Maxima der Wetterdaten (Station *Sotzweiler*) und des Abflusses (Pegel *Lebach*) der Messkampagnen 2006/2007 und 2010/2011 sowie des DS1 (09.04.2018 bis 08.04.2019) und des DS2 (09.04.2019 bis 08.10.2019 und 09.10.2018 bis 08.04.2019)

	Abfluss [m³/s]	Niederschlag [mm/h]	Temperatur [°C]	Globalstrahlung [W/m²]
Mittelwert/Summe 2006/2007	2,31	1047	-	-
Median 2006/2007	1,21		-	-
Minimum 2006/2007	0,140		-	-
Maximum 2006/2007	39,7	13,9	-	-
Mittelwert/Summe 2010/2011	2,80	789	9,02	111
Median 2010/2011	1,49		9	4
Minimum 2010/2011	0,368		-9,6	
Maximum 2010/2011	107	18,7	34,5	897

²⁷ Analog zur Vorgehensweise bei den an der III erhobenen Daten (vgl. Kapitel 3.2.5)

²⁸ Für die Messkampagne 2006/2007 existieren keine Daten für Lufttemperatur und Globalstrahlung.

Mittelwert/Summe 2018/2019 DS1	2,59	807	12,2	140
Median 2018/2019 DS1	1,06		11,5	5
Minimum 2018/2019 DS1	0,23		-8,1	
Maximum 2018/2019 DS1	56,7	34,3	36,7	999
Mittelwert/Summe 2018/2019 DS2	2,62	858	11,6	136
Median 2018/2019 DS2	1,18		10,7	5
Minimum 2018/2019 DS2	0,233		-8,1	
Maximum 2018/2019 DS2	41,3	11,9	39,5	1007

Der langjährige mittlere Abfluss, welcher sich aus den Aufzeichnungen von 1959 bis 2018 am Pegel in *Lebach* ergibt, beläuft sich auf $2,95 \text{ m}^3/29$.

Die Frage, welche Datensätze für eine vergleichende Betrachtung geeignet sind, gestaltet sich im Fall der Theel als noch komplexer als an der Ill, da zusätzlich die Messkampagne aus dem Jahr 2006/2007 berücksichtigt werden muss. Während der innerhalb des ersten Messzeitraumes erfasste mittlere Abfluss mit $2,31 \text{ m}^3/\text{s}$ weit unter denen der anderen Datensätze liegt, so erreicht die Niederschlagssumme für 2006/2007 (1047 mm) einen deutlich höheren Wert als in den anderen Messzeiträumen. Dennoch wird das mit Abstand höchste Abflussmaximum von $107 \text{ m}^3/\text{s}$ im Messzeitraum mit der niedrigsten Niederschlagssumme erreicht (Abb. 4.2.1-1).

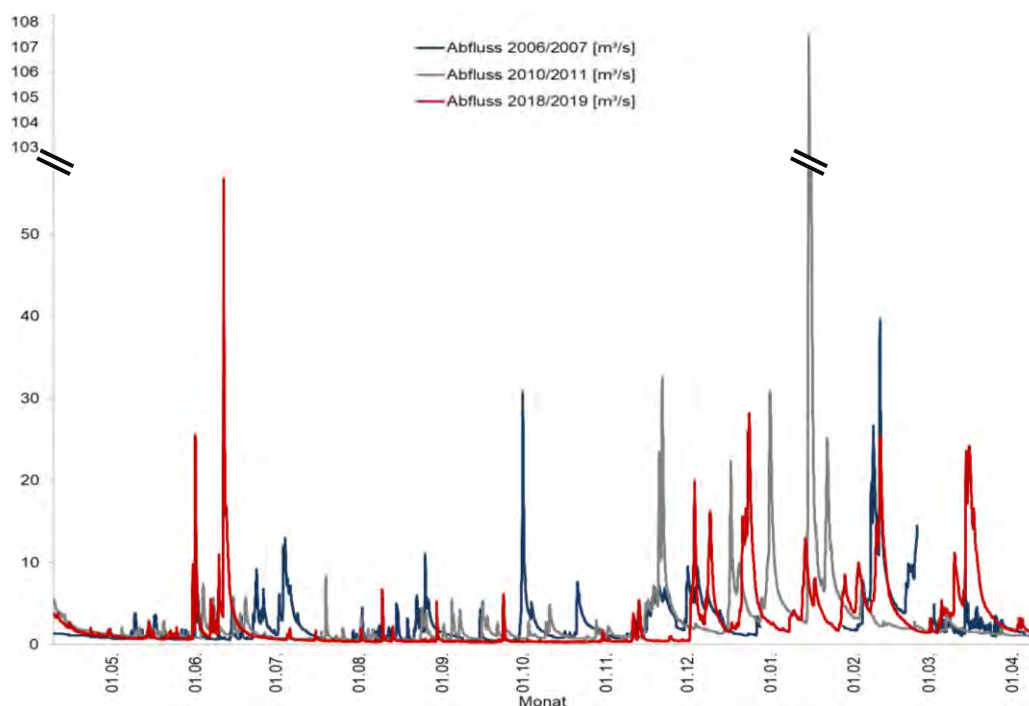


Abb. 4.2.1-1 Vergleich der Abflüsse der Theel der Jahre 2006/2007, 2010/2011 und 2018/2019 (Pegel *Lebach*) jeweils von 9. April bis 8. April

²⁹ Quelle: <https://www.saarland.de/40233.htm>

Um weitere Abweichungen der Datensätze 1 und 2 untereinander betrachten zu können, sind in Tabelle 4.2.1-2 zusätzlich die Mittelwerte und Mediane der Messwerte der online erhobene Parameter gegenübergestellt.

Tabelle 4.2.1-2: Vergleich der Mittelwerte und Mediane der Stundenmittelwerte der Theel in *Lebach* der Messkampagnen 2006/2007 und 2010/2011 sowie des DS1 (09.04.2018 bis 08.04.2019) und des DS2 (09.04.2019 bis 08.10.2019 und 09.10.2018 bis 08.04.2019)

	NO₃-N [mg/l]	NH₄-N [mg/l]	PO₄-P [mg/l]	P_{ges} [mg/l]	TOC [mg/l]
Mittelwert DS1	3,26	0,096	0,219	0,263	6,03
Median DS1	2,91	0,031	0,219	0,252	5,66
Mittelwert DS2	2,97	0,111	0,218	0,259	6,31
Median DS2	2,30	0,039	0,213	0,248	6,12

	pH- Wert	Sauerstoff [mg/l]	Temperatur [°C]	Leitfähigkeit [µS/cm]
Mittelwert DS1	7,85	9,58	12,5	425
Median DS1	7,86	9,32	12,3	433
Mittelwert DS2	7,84	9,49	12,3	399
Median DS2	7,84	9,24	11,9	380

Wie bei den Daten der Ill wird auch hier ersichtlich, dass weder für die Mittelwerte noch für die Mediane der Nährstoffe und der chemisch-physikalischen Parameter gravierende Abweichungen in den beiden Datensätzen von 2018/2019 festgestellt werden können ³⁰.

Grundsätzlich herrschten während der Messkampagnen 2006/2007, 2010/2011 und 2018/2019 sehr unterschiedliche Wettersituationen, welche auch nicht durch die zeitliche Verschiebung innerhalb des gesamten Datensatzes 2018/2018 kompensiert werden können. Da der Niederschlag ein entscheidendes Kriterium für den Transport von Stoffen in die Gewässer darstellt und keine nennenswerten Differenzen zwischen den statistischen Kenngrößen der Messparameter beider Datensätze auftreten, wurde derjenige Datensatz gewählt, in dem die Summe der Niederschläge denen der Messkampagne 2010/2011 am nächsten kommt. Die anschließenden Betrachtungen beziehen sich daher grundsätzlich auf den DS1 (vom 09. April 2018 bis 08. April 2019).

³⁰ Auf die Abweichung der Mittelwerte und der Mediane von Ammonium wurde bereits im Kapitel 3.2.4 hingewiesen.

Erwartungsgemäß liegen die Lufttemperaturen sowie die Globalstrahlung im Mittel und im Maximalwert im Jahr 2018 deutlich über denen der Vergleichszeiträume. In der Summe fiel im Jahr 2018 etwa 40% weniger Regen als im Messzeitraum 2006/2007 und fast 20% weniger als im entsprechenden Zeitraum 2010. Bemerkenswert ist dabei, dass das Regenereignis mit der höchsten Niederschlagsmenge innerhalb einer Stunde im trockenen Jahr 2018 auftrat. Während die Mittelwerte, Minima und Maxima der am Pegel Lebach gemessenen Abflüsse in den Jahren 2006/2007 und 2010 annähernd vergleichbar sind, erreichen die Wassermengen im Jahr 2018 nur 60 bzw. 67% davon. Durch das Starkregenereignis im Jahr 2018 kommt es hingegen zu einem Abflussmaximum, welches im Vergleich zu den Maxima der beiden anderen Messperioden zu einem fast doppelt so hohen Wert führt. Der Messzeitraum 2007/2006 zeichnet sich hingegen durch die höchste Niederschlags-Summe, jedoch das geringste Maximum sowie normale Abflusswerte aus. Grund hierfür ist die Tatsache, dass es während dieser Zeit häufig und andauernd regnete, aber so gut wie keine Starkregenereignisse auftraten. Die Abflüsse und Niederschläge der drei Messzeiträume sind in Abb. 4.2.1-2 noch einmal vergleichend dargestellt.

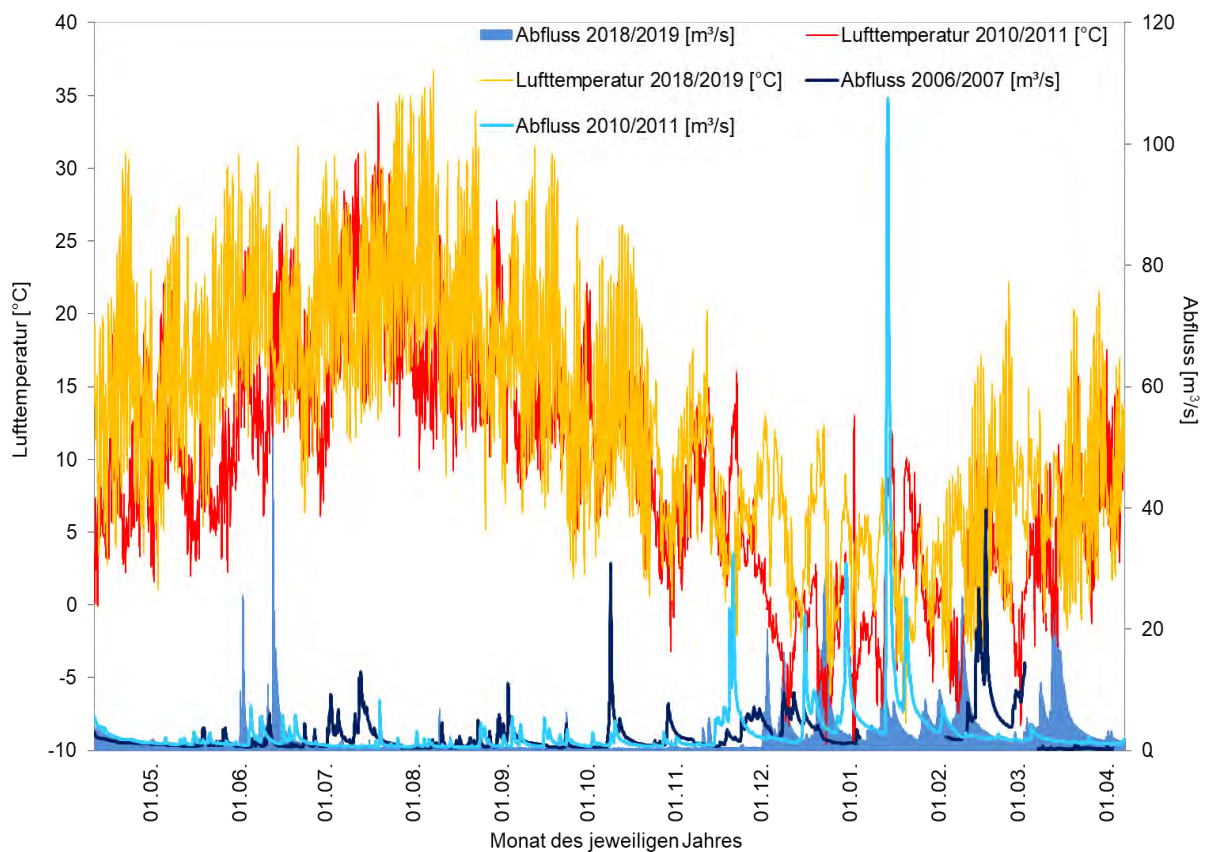


Abb. 4.2.1-2: Abfluss (Pegel *Lebach*) und Lufttemperaturen (Wetterstation *Lebach*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April 2019)

4.2.2 Vergleich der Konzentrationen

In Abb. 4.2.2-1 a und b sind die Konzentrationen an ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor für die drei Zeiträume vergleichend dargestellt. Es ist grundsätzlich festzuhalten, dass in allen Jahren die jeweiligen Mittelwerte um das 2,5- bis 3,2-fache über den Anforderungen gemäß OGWV liegen (vgl. auch Tabelle 4.2.2-1). In allen Messzeiträumen treten in Niedrigwasserphasen diese durch Kläranlagenabläufe bedingten Konzentrationsanstiege auf. Ebenso wie in Kapitel 3.2.4 bezüglich der Ill erläutert, kann es auch für die Theel als positiv bewertet werden, dass die Konzentrationen für ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor im Jahr 2018 trotz des sehr viel geringeren Abflusses und des damit geringeren Verdünnungsfaktors generell sogar unter den Werten der Vergleichszeiträume liegen. Dies spricht für eine Reduktion der Belastung von Seiten der Kläranlagen.

Die mit Abstand höchsten Spitzenkonzentrationen von fast 5 mg/l Gesamt-Phosphor wurden während des Hochwasserereignisses im Juni 2018 gemessen, wobei diese Belastungen eher auf die extreme Intensität des vorangegangenen Starkregenereignisses zurückzuführen ist.

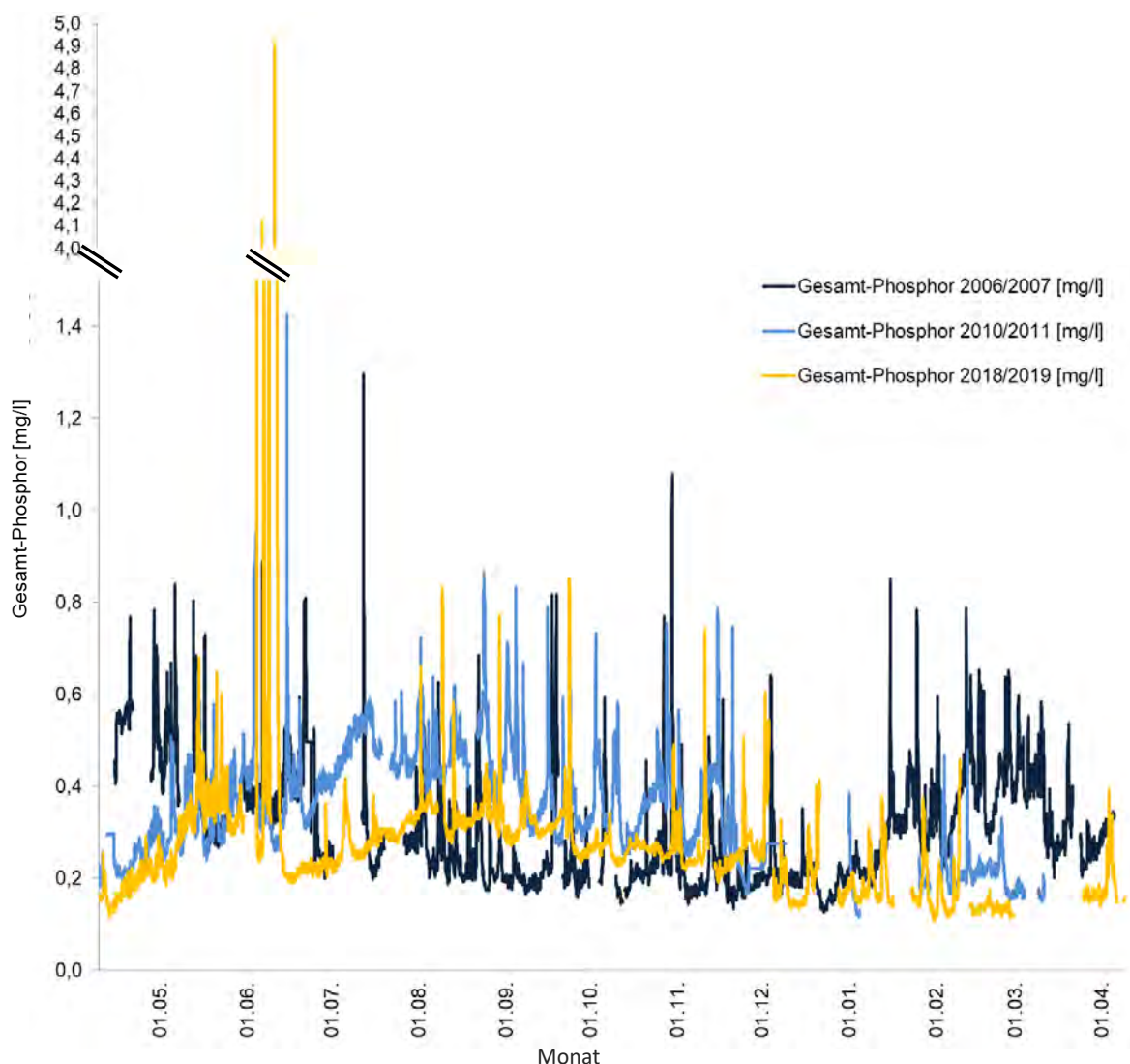


Abb. 4.2.2-1a: Vergleich der Konzentrationen von Gesamt-Phosphor (Station *Knorscheider Mühle*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April. 2019)

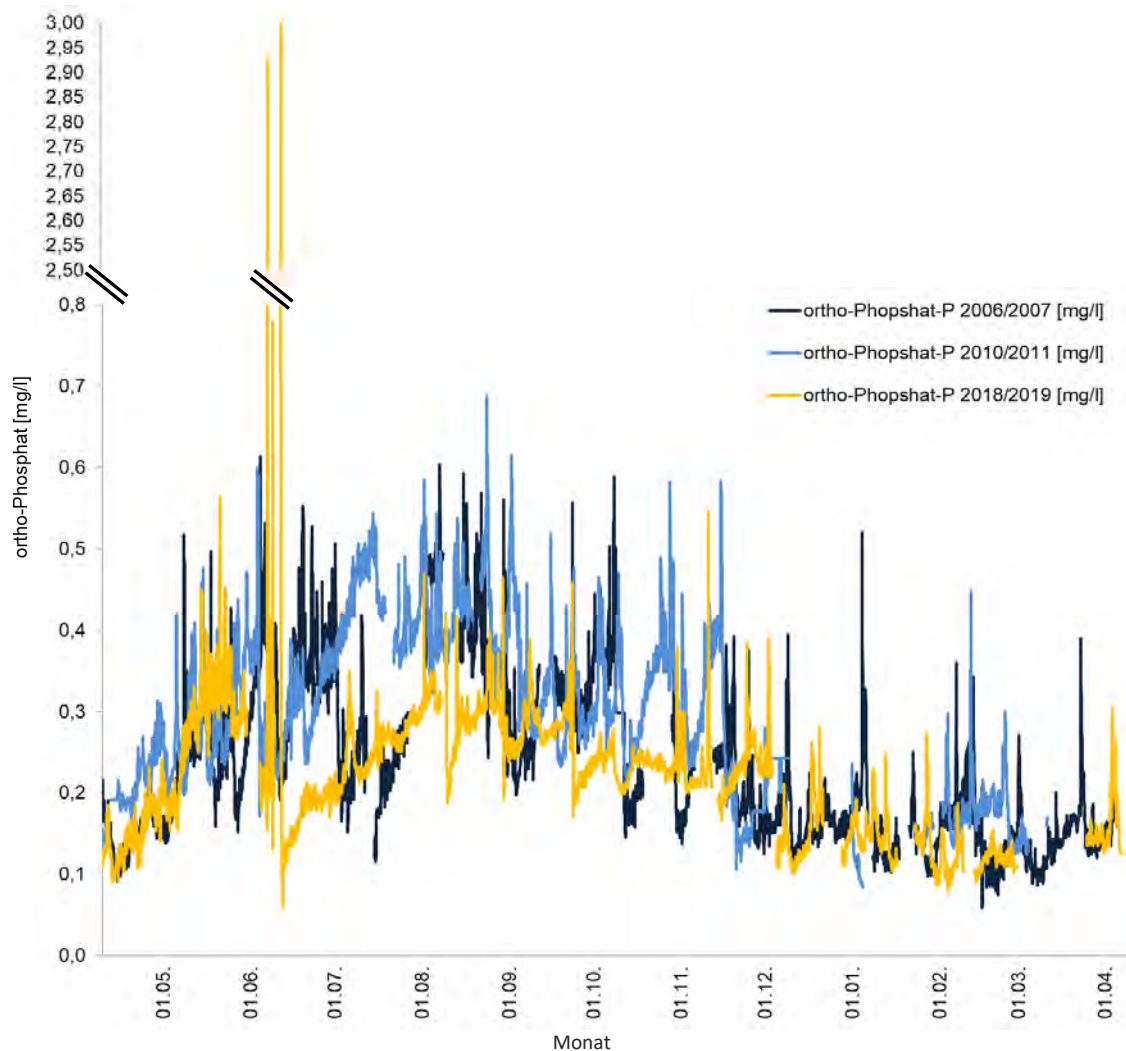


Abb. 4.2.2-1b: Vergleich der Konzentrationen von ortho-Phosphat (Station *Knorscheider Mühle*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April 2019)

Vergleicht man die Ammonium-Konzentrationen, so zeigen sich in der Messphase 2007/2006 höhere Grundgehalte, wodurch der Mittelwert gegenüber den anderen Jahren etwas höher ist. Dies ist an der größeren Schwankungsbreite der dunkelblauen Kurve in Abb. 4.2.2-2 zu erkennen. Drei Mal lassen sich während der Messkampagne 2006/2007 darüber hinaus länger anhaltende Einträge ausmachen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit von einem Defekt eines Abschlagbauwerkes herrühren (so z.B. Mitte Oktober und Anfang November, dunkelblaue Linie). Hingegen wurden in dieser ersten Messphase deutlich geringere Konzentrationsspitzen gemessen. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Mischwasserentlastungsbauwerke, aus denen diese Belastungen stammen, durch die häufigeren Regenfälle öfter gespült wurden und sich weniger Material ansammelte. Denn im Gegensatz dazu wurden im Trockenjahr 2018 seltener, aber dafür deutlich höhere Konzentrationsspitzen erreicht. Abschläge aus Mischwasserentlastungsanlagen traten im Messzeitraum 2006/2007 in etwa 40 Mal, im Zeitraum 2010/2011 36 Mal und 2018/2019 34 Mal auf.

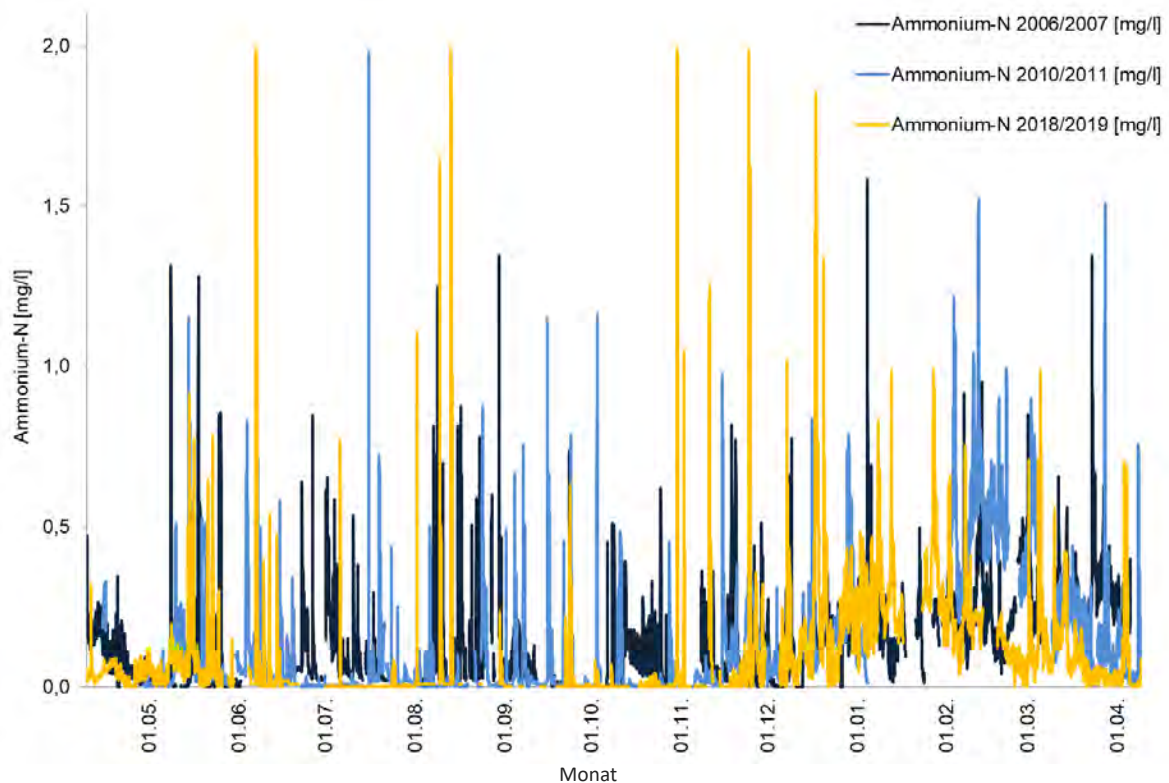


Abb. 4.2.2-2: Vergleich der Konzentrationen von Ammonium (Station *Knorscheider Mühle*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April 2019)

Aufgrund der zahlreichen, länger anhaltenden Regenfälle wurde im Messzeitraum 2006/2007 mehr Nitrat im Gelände mobilisiert und in das Gewässer transportiert. Dies lässt sich besonders gut im Juli und November erkennen (Abb. 4.2.2-3). Hingegen bewegen sich die Konzentrationen im Jahr 2018 im Frühjahr sichtbar über den Vergleichswerten von 2010. In diesem Fall könnte die geringere Verdünnung im Jahr 2018 eine Rolle für diese Konzentrationsunterschiede spielen. Auffällig ist zudem, dass die Nitrat-Gehalte 2018 zum Herbst hin weiter abnehmen, während in den beiden anderen Jahre in dieser Phase bereits eine Zunahme verzeichnet werden kann. Die liegt einerseits wiederum an der Trockenheit und damit an den fehlenden Transportmechanismen. Andererseits ist vorstellbar, dass wegen der im Herbst noch sehr warmen Temperaturen im Jahr 2018 weiterhin ein intensiver Umsatz von Nitrat durch die Pflanzen und Mikroorganismen stattfindet.

Gerade in Bezug auf Nitrat ist die Berücksichtigung von Frachten für eine Interpretation der Herkunft und der Transportmechanismen von besonderer Bedeutung und wird daher in Kapitel 4.2.3 weitergehend beleuchtet.

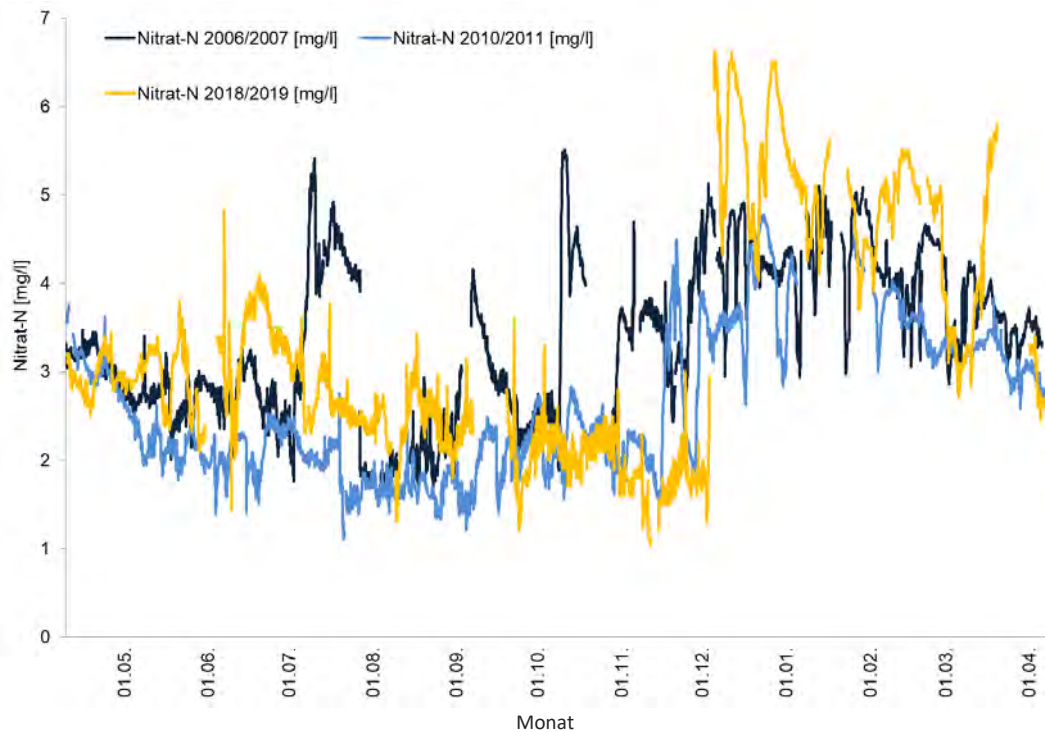


Abb. 4.2.2-3: Vergleich der Nitrat-Konzentrationen (Station *Knorscheider Mühle*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April. 2019)

Wie an der Ill weisen auch die TOC-Konzentrationen an der Theel für die Messzeiten 2010 und 2018 annähernd gleiche Grund-Gehalte auf (Abb. 4.2.2-4). Diese waren im Jahr 2007 meist etwas, aber nicht wesentlich niedriger³¹.

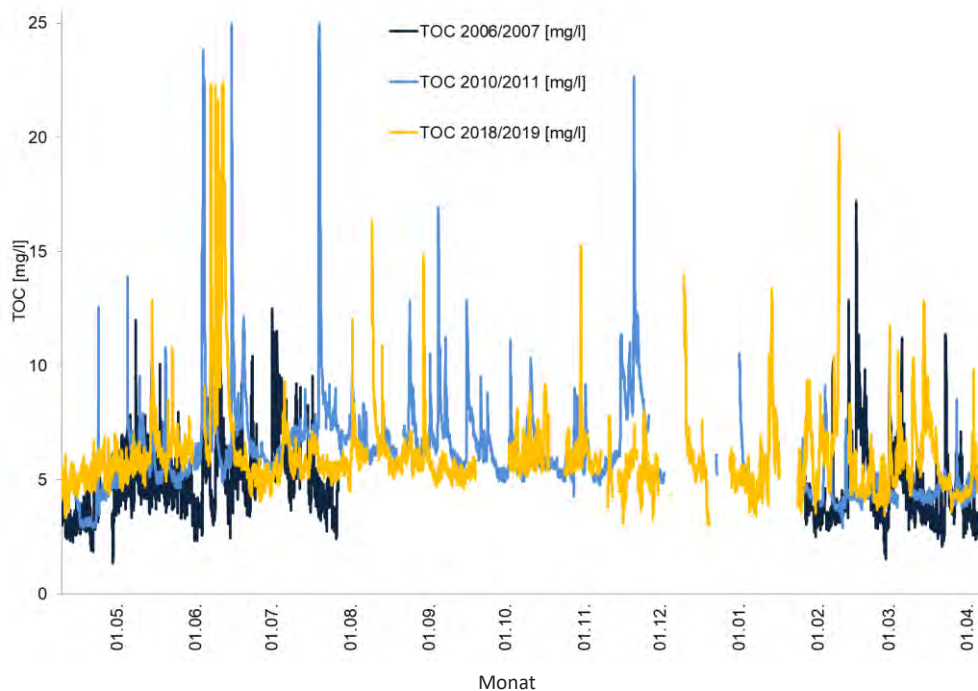


Abb. 4.2.2-4: Vergleich der TOC-Konzentrationen (Station *Knorscheider Mühle*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April. 2019)

³¹ Wegen eines technischen Problems konnten in der letzten Hälfte des Jahres 2006 keine TOC-Daten erhoben werden.

Die Mittelwerte und Maxima der Temperaturen sowie deren Verläufe sind für alle 3 Messzeiträume sehr ähnlich (Abb. 4.2.2-5). Die höheren Lufttemperaturen und intensivere Globalstrahlung im Jahr 2018 hatten keine signifikanten Folgen für das Temperaturregime an dieser Stelle des Gewässers. Lediglich die regenreiche Zeit im Juni 2007 sowie der sehr sonnige Mai 2010 führen zu leichten Abweichungen von den jeweils anderen Kurven.

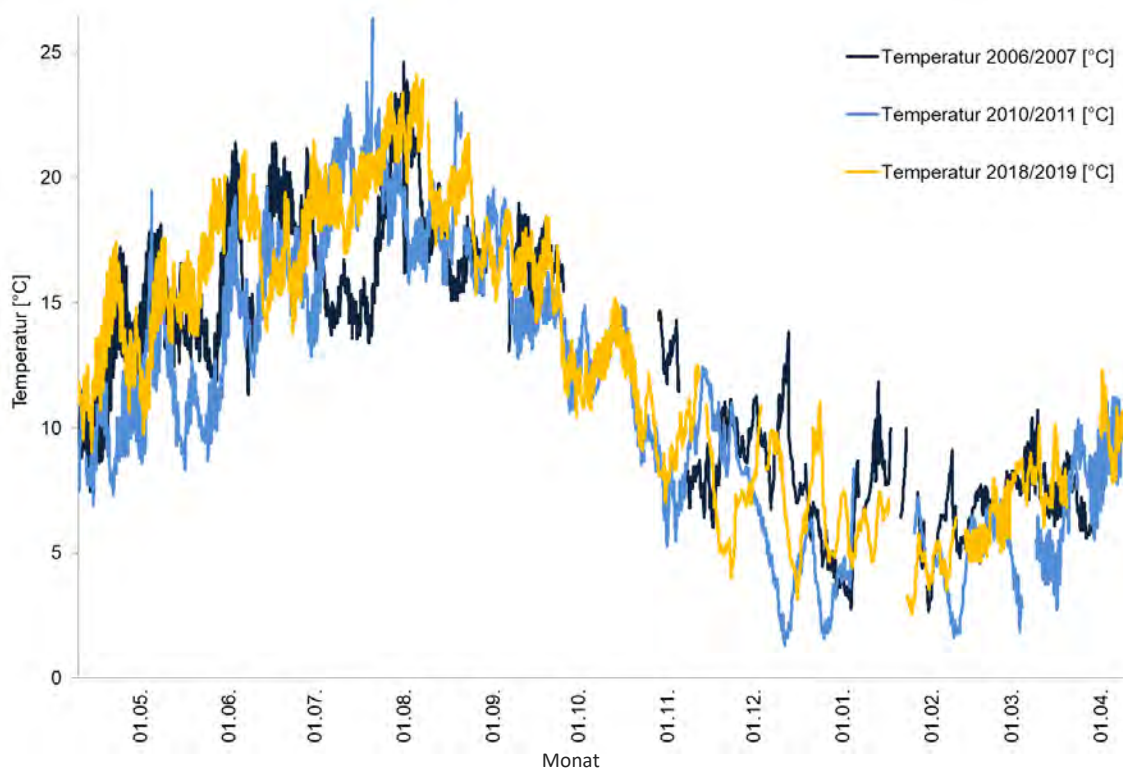


Abb. 4.2.2-5: Vergleich der Temperaturen (Station *Knorscheider Mühle*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April. 2019)

Wie bereits in Kapitel 4.2.2-2 beschrieben ist hervorzuheben, dass die Sauerstoff-Gehalte im Jahr 2018/2019 im Mittel nur wenig unter den Mitteln in den kühleren, regenreicheren Vergleichszeiträumen liegen (Abb. 4.2.2-6) (vgl. Tabelle 4.2.2-1). Zwar wurden in allen Jahren immer wieder sehr geringe Sauerstoff-Werte gemessen, welche, wie zum Teil, wie z.B. im November des Jahres 2010, länger anhaltende Sauerstoff-Depression erfasst. Es ist jedoch hervorzuheben, dass das absolute innerhalb des Messzeitraumes 2018/2019 gemessene Sauerstoff-Minimum 4,65 mg/l betrug, was angesichts der extremen Niedrigwassersituation im Sommer 2018 noch ein recht hoher Wert ist (vgl. auch Kapitel 3.3.4). Dies unterscheidet sich deutlich von dem im Jahr 2006 an gleicher Stelle nach Abschlagsereignissen festgestellten Sauerstoffwerten unter 1 mg/l und zeigt den fortschreitenden Erfolg der Abwassersanierung im Gesamteinzugsgebiet auf.

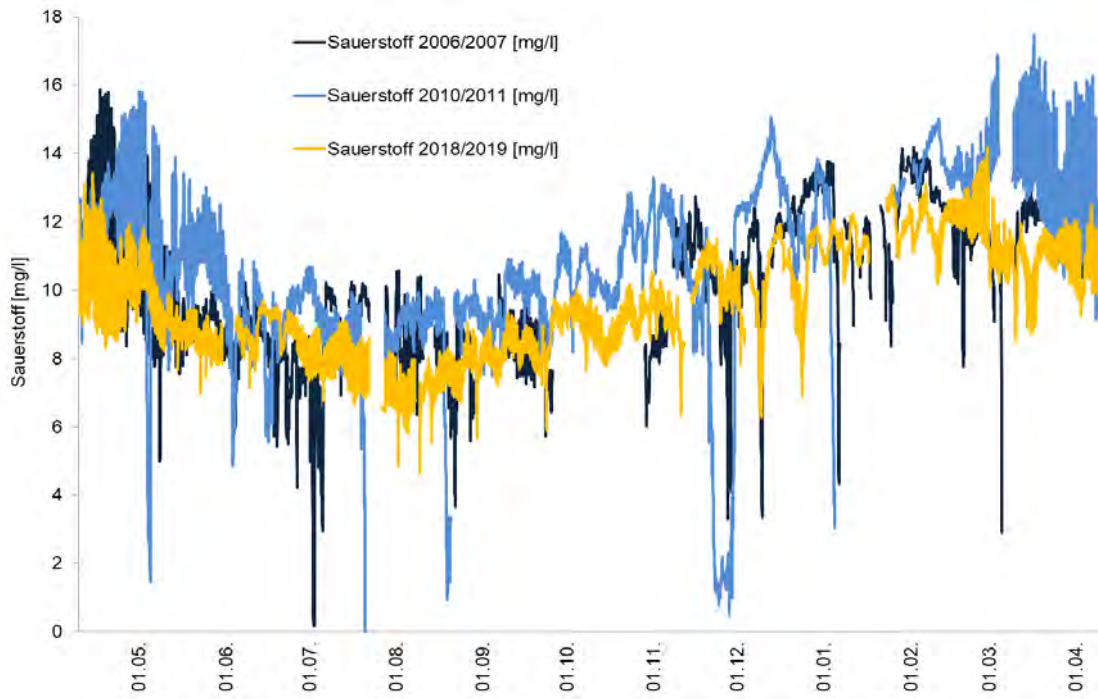


Abb. 4.2.2-6: Vergleich der Sauerstoff-Konzentrationen (Station *Knorscheider Mühle*) (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April. 2019)

In den Frühjahrsmonaten, vornehmlich im März und April treten in der Regel die größten Tageszyklen der Sauerstoff-Konzentrationen auf, diese sind auch am linken Rand der in Abb. 4.2.2-6 dargestellten Graphik (Monat April) gut sichtbar. Zudem lässt sich der Unterschied zwischen den jeweiligen Amplituden während der drei Messzeiträume gut erkennen. Diese Amplituden sind im Jahr 2018 sehr viel kleiner als in den anderen beiden Jahren. Dies zeigt sich auch in der Darstellung der Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von den Temperaturen (Abb. 4.2.2-7).

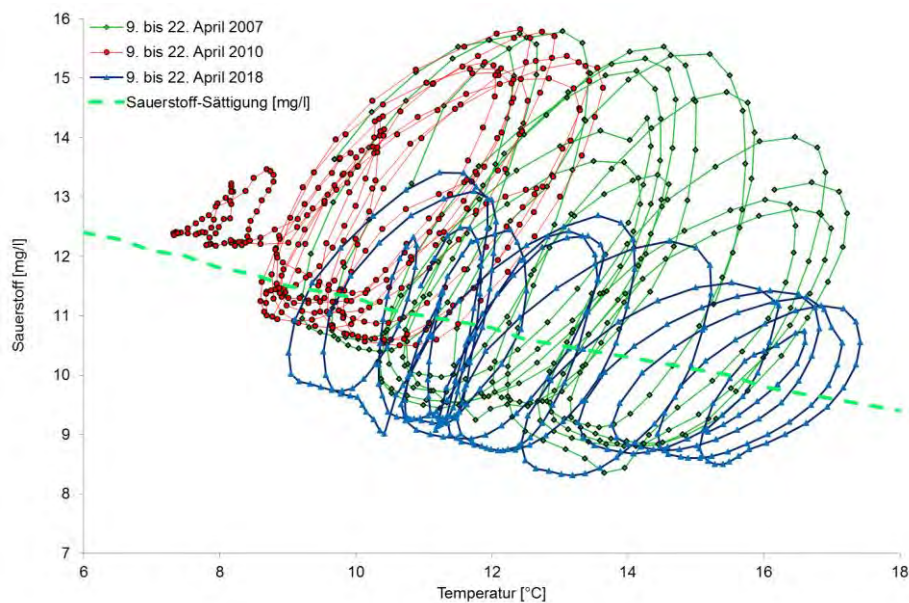


Abb. 4.2.2-7: Vergleich der Korrelationen der Sauerstoff-Gehalte und der Temperaturen (Station *Knorscheider Mühle*) im Vergleich mit der theoretischen Sauerstoffsättigung bei Normaldruck (9. bis 22. April 2007, 2010 und 2018)

Trägt man diese Daten für die gesamten Messzeiträume auf, so stellt sich heraus, dass die Sauerstoff-Gehalte während der anderen beiden Jahre auch zu späteren Zeitpunkten häufig die entsprechenden Sauerstoff-Sättigungswerte überschreiten. Dies legt den Schluss nahe, dass die Eutrophierung, welche für ein übermäßiges Pflanzenwachstum und erhöhte Photosyntheseraten sorgt, am Standort an der *Knorscheider Mühle* zurückgegangen ist. Dafür spräche auch die Tatsache, dass im Jahr 2018 etwas geringere Gehalte an ortho-Phosphat und Nitrat gemessen wurden.

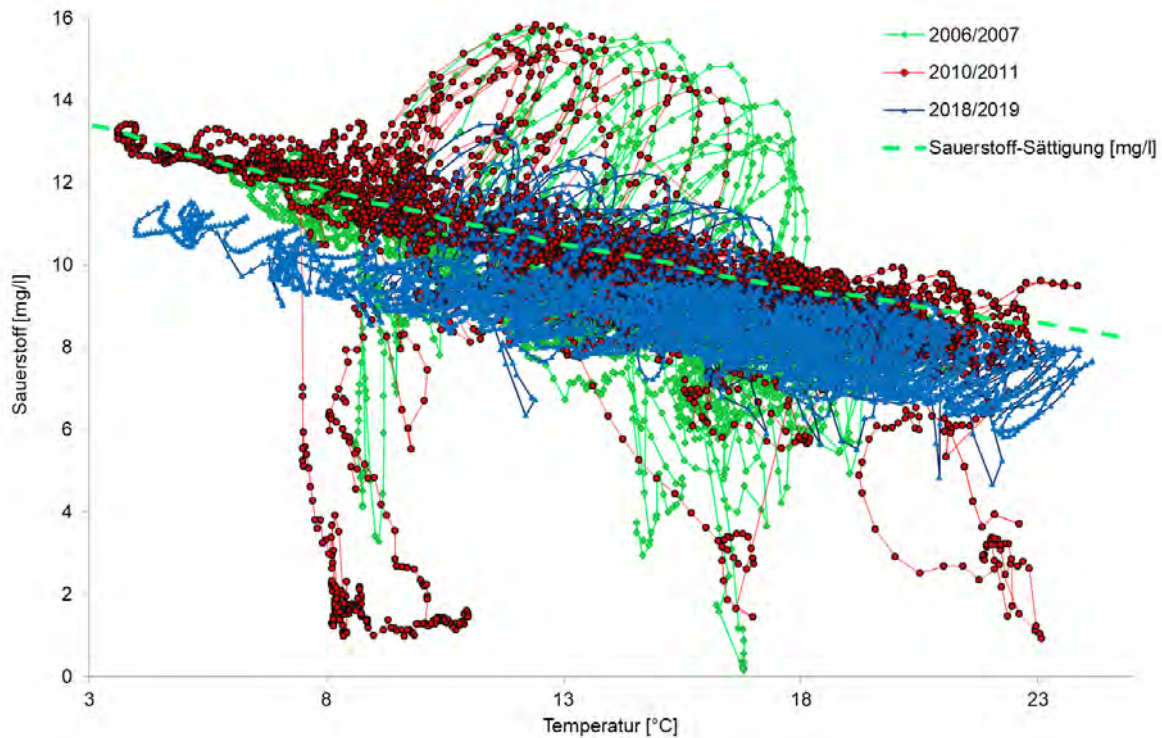


Abb. 4.2.2-8: Vergleich der Korrelationen der Sauerstoff-Gehalte und der Temperaturen (Station Knorscheider Mühle) im Vergleich mit der theoretischen Sauerstoffsättigung bei Normaldruck (1. April bis 22. Juli 2007/23. Juli bis 31. März 2006; 1. April 2010 bis 31. März 2011; 9. April 2018 bis 8. April 2019)

Die pH-Werte, die im Jahr 2018 erhoben wurden, liegen deutlich über denen der beiden Vergleichszeiträume (Abb. 4.2.2-9). Dies könnte eventuell durch eine leichte Veränderung des Basisabflusses (Zuflüsse des Grundwassers) oder eine Änderung im Zuge von Maßnahmen sein.

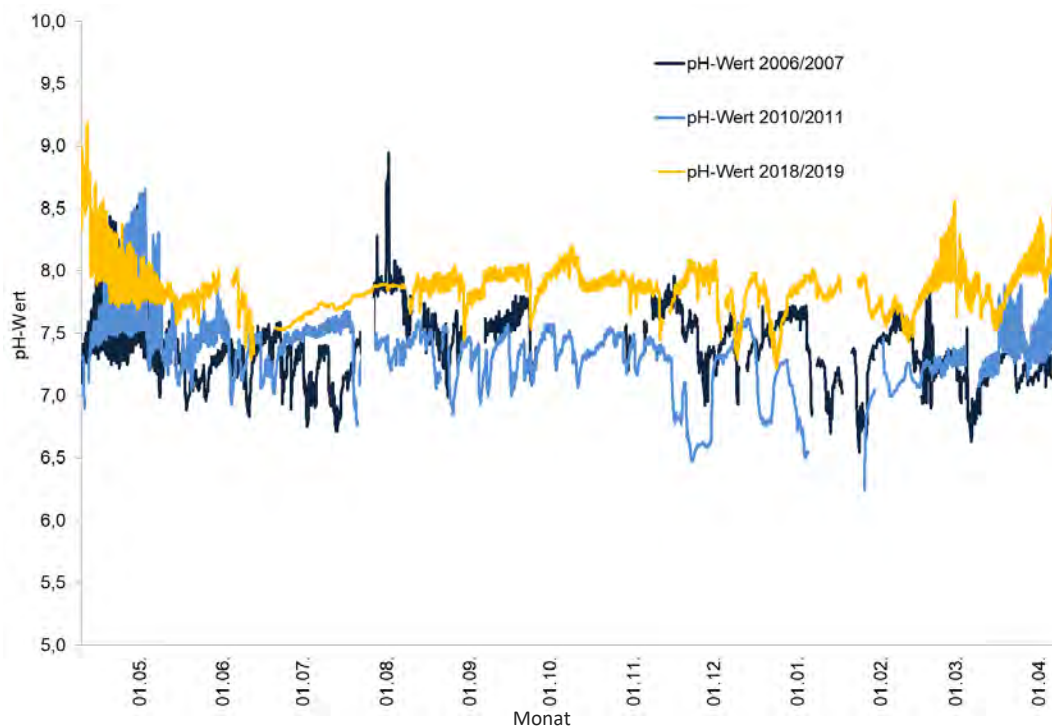


Abb. 4.2.2-9: Vergleich der pH-Werte (Station Knorscheider Mühle) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Die Leitfähigkeit aller drei Jahre ist im Mittel vergleichbar, weist aber natürlicherweise unterschiedliche Verläufe auf (Abb. 4.2.2-10). Trotz der geringeren Wassermenge ist die Leitfähigkeit im Mittel im Jahr 2018 ebenso hoch wie 2010, die Werte von 2007/2006 liegen, bedingt durch die großen Regenmengen, etwas darunter. Für die Jahre 2010 und 2018 ist über den Sommer der Anstieg der Grundgehalte gut zu erkennen.

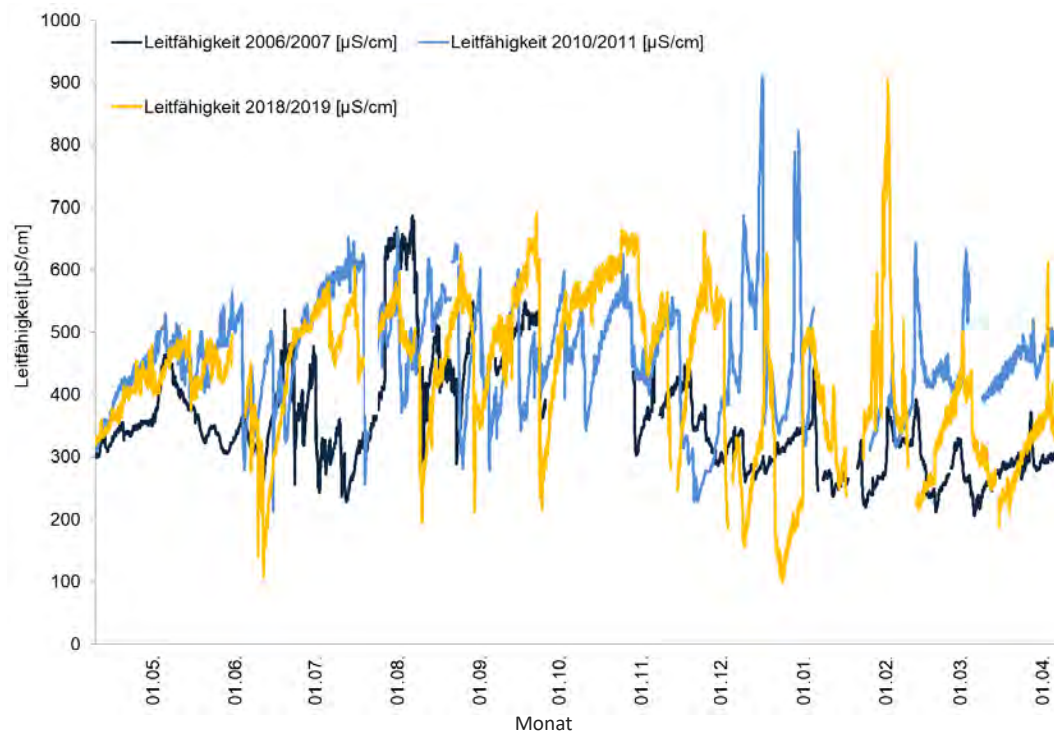


Abb. 4.2.2-10: Vergleich der Leitfähigkeiten (Station Knorscheider Mühle) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Tabelle 4.2.2-1 gibt einen Überblick über die Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der in den drei Messzeiträumen erhobenen Werte.

Es zeigt sich, dass die mittleren Phosphor-Belastungen im Messzeitraum 2010/2011 noch über denen von 2006/2007 lagen, Nitrat hingegen in dieser Messzeit geringer ist als vorher und nachher. Trotz der extremen Wetterbedingungen im Sommer und Herbst 2018 sind die Mittelwerte der Sauerstoff-Gehalte und der Temperaturen in beiden Messzeiträumen quasi identisch und auch die Minima und Maxima sind nahezu gleich (vgl. auch Abb. 4.1.2-7).

Tabelle 4.2.2-1: Vergleich der Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Theel (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

	NO ₃ -N [mg/l]			NH ₄ -N [mg/l]		
	2006/2007	2010/2011	2018/2019	2006/2007	2010/2011	2018/2019
Mittelwert	3,39	2,59	3,26	0,156	0,127	0,096
Median	3,32	2,32	2,90	0,131	0,034	0,031
Minimum	1,61	1,11	1,03	n.n.	n.n.	n.n.
Maximum	5,51	4,78	6,62	1,58	> 2	> 2

	PO ₄ -P [mg/l]			P _{ges} [mg/l]			TOC [mg/l]		
	2006/2007	2010/2011	2018/2019	2006/2007	2010/2011	2018/2019	2006/2007	2010/2011	2018/2019
Mittelwert	0,231	0,299	0,219	0,302	0,351	0,263	4,84	6,13	6,03
Median	0,201	0,293	0,219	0,268	0,338	0,252	4,47	5,85	5,66
Minimum	0,058	0,085	0,059	0,126	0,116	0,108	1,34	2,88	3,01
Maximum	0,613	0,688	3,46	1,29	1,43	4,91	17,2	> 25	22,4

	pH- Wert			Sauerstoff [mg/l]			Temperatur [°C]			Leitfähigkeit [µS/cm]		
	2006/2007	2010/2011	2018/2019	2006/2007	2010/2011	2018/2019	2006/2007	2010/2011	2018/2019	2006/2007	2010/2011	2018/2019
Mittel	7,39	7,33	7,85	10,2	10,7	9,58	12,1	11,4	12,5	354	460	425
Med.	7,37	7,36	7,86	10,0	10,7	9,32	12,2	11,0	12,3	335	457	433
Min	6,54	6,24	7,22	< 1	< 1	4,62	2,7	1,3	2,54	205	214	100
Max	8,91	8,70	9,18	15,9	17,5	14,2	24,6	26,4	24,2	687	910	904

Vergleicht man die Mittelwerte der Konzentrationen der drei Messkampagnen mit den Anforderungen der aktuellen OGeV³² [6] sowie mit dem Schwellenwert für Nitrat gemäß Methodenhandbuch [7] an allen drei Standorten über den oben genannten Messzeitraum (vgl. Kapitel 2.3.1), so zeigen sich in den jeweiligen Prozentanteilen der Überschreitungen (im Falle von Sauerstoff: Unterschreitung) für alle erfassten Parameter in den drei betrachteten Zeiträumen Jahren nur marginale Unterschiede (Abb. 4.2.2-11). Die Gehalte von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat liegen, wie an vielen anderen Standorten auch, fast immer über den Anforderungen von 0,1 bzw. 0,07 mg/l. Die Überschreitungen treten während der Messkampagne 2010/2011 etwas seltener auf, bei der Bewertung der Überschreitungen aus 2018/2019 muss berücksichtigt werden, dass auf Grund der viel geringeren Abflüsse in diesem Messzeitraum auch ein geringerer Verdünnungseffekt gegeben war, was zwangsläufig zu einer häufigeren Überschreitung der Konzentrationen führt, dasselbe gilt auch für die Nitrat-Konzentrationen. Die etwas häufiger auftretenden Überschreitungen des Ammonium-Grenzwertes von 0,1 mg/l in 2006/2007 können auf eine insgesamt verminderte Nitrifizierung infolge der insgesamt niedrigeren Temperatur zurückzuführen sein.

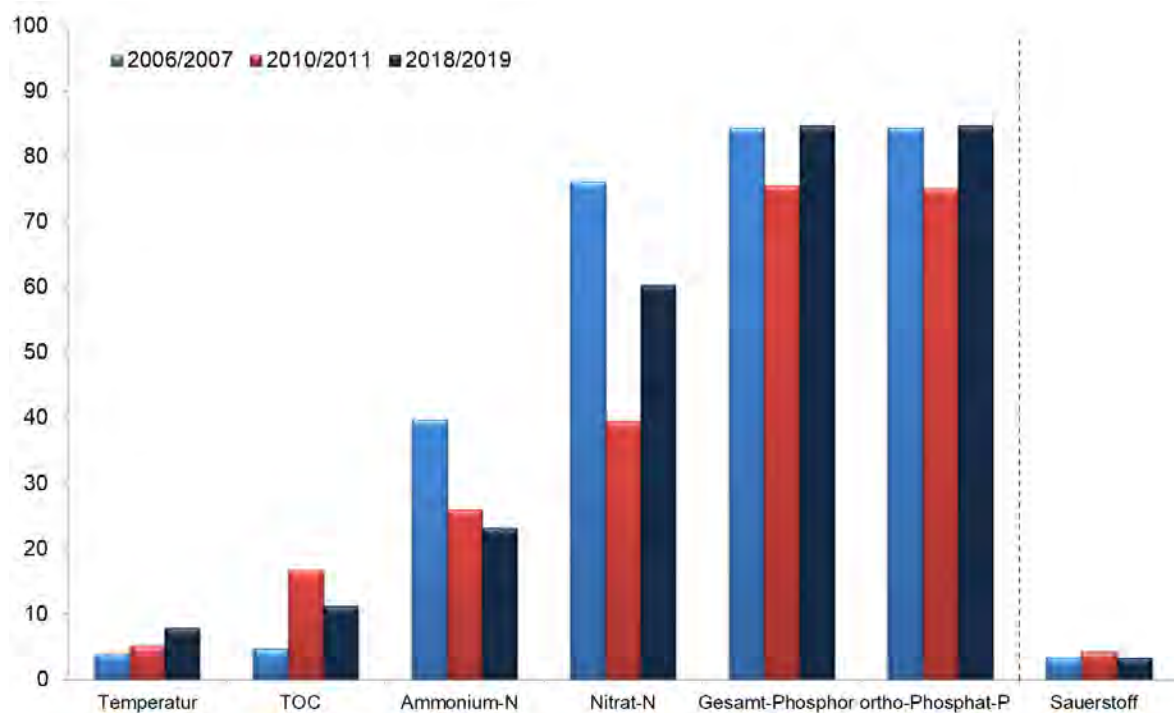


Abb. 4.2.2-11: prozentuale Überschreitung (im Falle von Sauerstoff: Unterschreitung) der jeweiligen Anforderungen gemäß OGeV [7] sowie des Schwellenwertes für Nitrat gemäß Methodenhandbuch [7] (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Um die Konzentrationsdaten der drei Messkampagnen weitergehend zu vergleichen zu können, wurde zudem die Methode der Hauptkomponentenanalyse (engl.: Principal Component Analysis; PCA) angewandt (vgl. Kapitel 2.3.4).

Die dabei zunächst erhaltenen screeplots, welche die Genauigkeit aufschlüsseln, mit der die einzelnen Hauptkomponenten das Gewässersystem im jeweiligen Messzeitraum beschreiben, stellen sich für die

³² Als Referenzen werden die Anforderungen der aktuellen OGeV zugrunde gelegt, die allerdings, z.B. für Ammonium, etwas strenger sind als diejenige Version der OGeV, welche für die Messzeiträume 2006/2007 und 2010/2011 galt.

drei Zeiträume an der Theel an der *Knorscheider Mühle* sehr ähnlich dar (Abb. 4.2.2-12), Wie auch im Fall der III-Daten reichen diese 3 Hauptkomponenten mit einer Summe von jeweils fast 80% zur Beschreibung des Systems aus, die übrigen Hauptkomponenten können bei der Interpretation des PCA-Modells vernachlässigt werden.

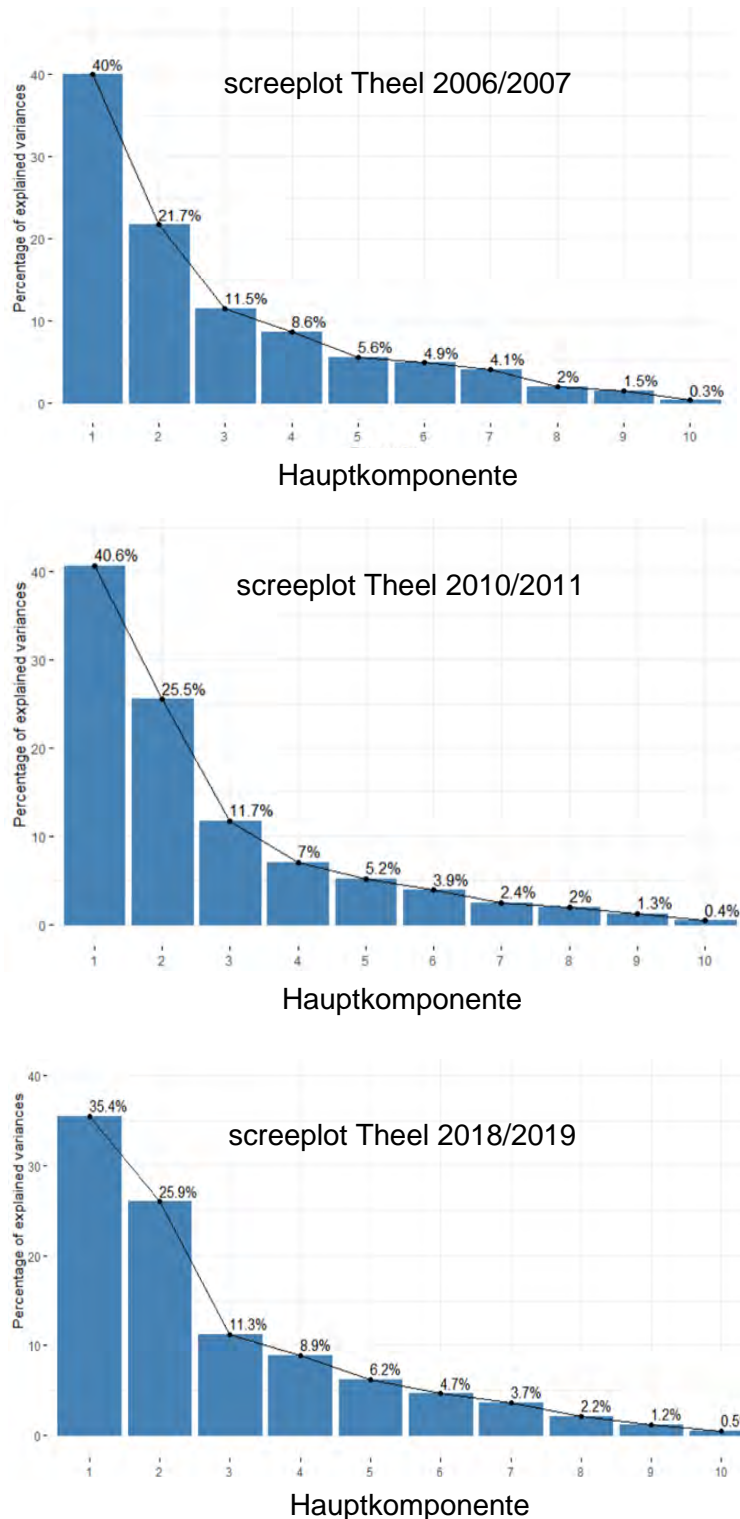


Abb. 4.2.2-12: Screeplots der PCA (Hauptkomponentenanalyse) der Konzentrationsdaten (Station *Eppelborn*) der drei Messzeiträume (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

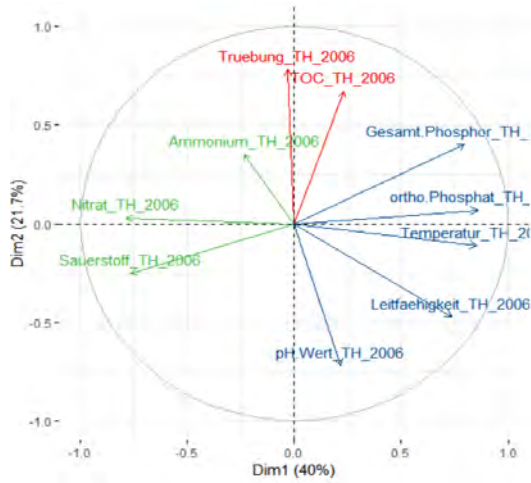
Die mit Hilfe der PCA ermittelten Zusammenhänge können für alle Parameter zudem als Vektoren in einem zweidimensionalen Raum abgebildet werden. Dies erfolgt in Abb. 3.4-8 zusammen mit einer farbigen Darstellung der Gruppierungen (Cluster) der Parameter. Auf diese Weise zeigt sich, welche der Parameter miteinander korrelieren³³ und welche nicht. In Abb. 4.2.2-13 ist diese Darstellungsweise zusammen mit einer farblichen Markierung der Gruppierungen (Cluster) der Parameter ausgeführt und für die 3 jeweils zuvor gewählten Hauptkomponenten (Dim) aufgetragen (links Dim1 und Dim2; rechts Dim2 und Dim3). Die Länge der Vektoren gibt zusätzlich die Bedeutung des jeweiligen Parameters für die jeweilige Hauptkomponente an (länger desto größer die Bedeutung). Es zeigen sich mit der Ill vergleichbare Phänomene, so z.B. der entgegengesetzte Verlauf von Sauerstoff und Temperatur sowie die Parallelität von ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor, die auf die Abwesenheit von großen Einflüssen an Partikel gebundenem Phosphat schließen lässt. Nitrat verläuft entgegengesetzt zu den Phosphor-Fraktionen, dies ist ein weiteres Anzeichen dafür, dass Phosphor und Nitrat nicht aus denselben Quellen stammen³⁴.

Für die Daten der Messzeiträume 2006/2007 und 2010/2011 erfolgt eine identische Gruppierung der Parameter, welche auch mit der Gruppierung an der Ill übereinstimmt (Cluster 1: Phosphor, Temperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert; Cluster 2: TOC und Trübung; Cluster 3: Nitrat, Ammonium und Sauerstoff). Im Biplot des Datensatzes 2018/2019 verschieben sich TOC und Trübung, welche zuvor ein eigenes Cluster gebildet hatten (s.o.), in die Gruppe von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass im Jahr 2018/2019 weniger Niederschläge aufgetreten sind und die beiden Parameter TOC und Trübung in den Jahren 2006/2007 und 2010/2011 stärker von Niederschlägen beeinflusst waren, während des trockeneren Messzeitraumes jedoch eher kommunales Abwasser die dominierende Eintragsquelle für Trübung und TOC war (wie dies für Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat grundsätzlich der Fall ist).

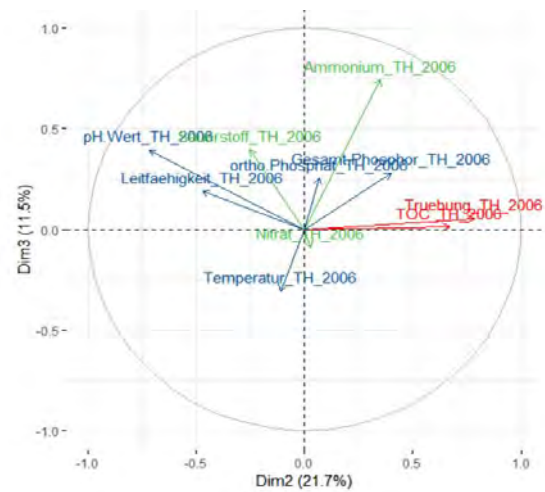
³³ Die Vektoren liegen dann nah beieinander und weisen in dieselbe Richtung.

³⁴ Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat gelangen hier eher über kommunales Abwasser in das Gewässer, Nitrat durch Grundwasser und landwirtschaftliche Einträge.

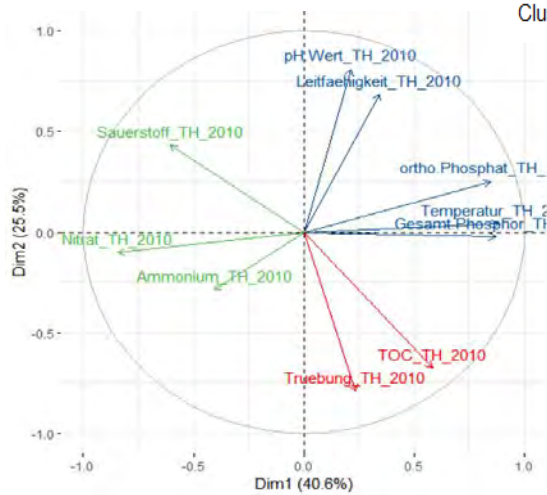
Biplot Theel 2006/2007; Dim 1 und 2



Biplot Theel 2006/2007; Dim 2 und 3

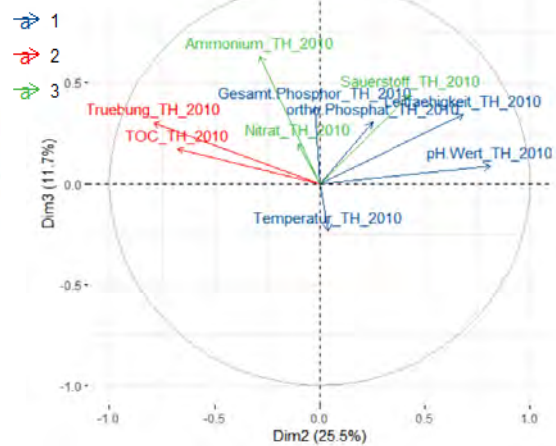


Biplot Theel 2010/2011; Dim 1 und 2

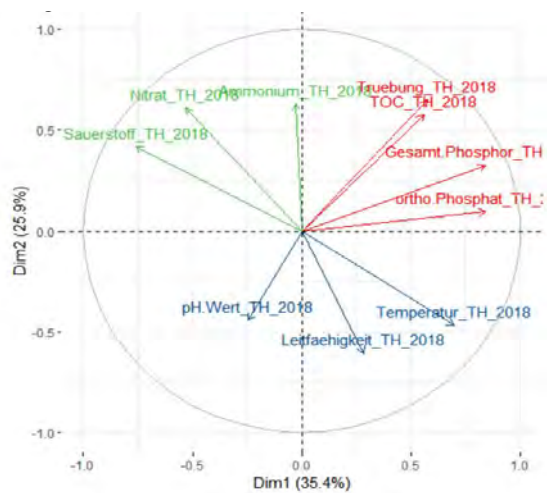


Biplot Theel 2010/2011; Dim 2 und 3

Cluster of variables



Biplot Theel 2018/2019; Dim 1 und 2



Biplot Theel 2018/2019; Dim 2 und 3

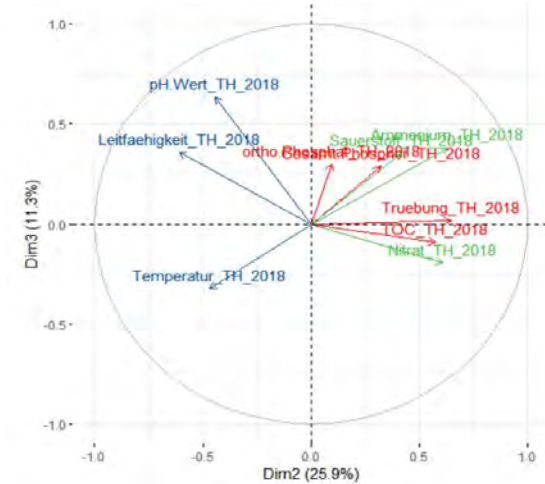


Abb. 4.2.2-13: Biplots mit Cluster der PCA der Konzentrationsdaten (Dim = Hauptkomponente) (Station Knorscheider Mühle) (links: Hauptkomponenten 1 und 2; rechts: Hauptkomponenten 2 und 3) der drei Messzeiträume (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Zusätzliche Informationen ergeben sich aus der Darstellung sogenannter Correlationplots. Dabei wird die Bedeutung jedes einzelnen Parameters für jede Hauptkomponente (entsprechend der Länge des jeweiligen Vektors im Biplot (vgl. Abb. 4.2.2-13)) aufgeschlüsselt. In den entsprechenden Correlationplots (Abb. 4.2.2-14) markiert die Größe und Farbintensität der blauen Punkte die Bedeutung des Parameters für die jeweilige Hauptkomponente (je größer der Punkt desto höher die Bedeutung). Es wird ersichtlich, dass das Gewässersystem am Standort an der *Knorscheider Mühle* zunächst stark sowohl von der Temperatur, aber auch von Phosphor, Nitrat und – etwas weniger intensiv - von Sauerstoff und der Leitfähigkeit beeinflusst wird. Auch hier an der Theel dominiert Ammonium ebenso wie an der Ill eine eigene Hauptkomponente (Dim3). Dieser Nährstoff beeinflusst also ohne Zusammenhang mit den anderen Parametern das System zeitweise stark, da auch an der Theel die Ammonium-Einträge aus Kläranlagenabläufen während der kühleren Jahreszeit deutlich, in wärmeren Phasen jedoch kaum messbar sind.

Im Datensatz 2018/2019 verändern sich die Einflüsse der einzelnen Parameter, lediglich die Bedeutung von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat bleibt gleich hoch. Der Einfluss von Ammonium ist rückläufig, ebenso wie TOC und Trübung. Letztere verschieben sich zusätzlich in die 1. Hauptkomponente. Die Dominanz von Nitrat (Dim1) und Ammonium (Dim3) sind beide rückläufig, was sich durch den abnehmenden Trend der beiden Parameter im Laufe der Jahre untermauern lässt (vgl. Kapitel 4.2.4). Im Correlationplot zeigen sich die ebenfalls abnehmenden Trends von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat nicht so deutlich. Grund hierfür ist die Tatsache, dass Phosphor trotz rückläufiger Trends in der 1. Hauptkomponente der dominante Parameter bleibt.

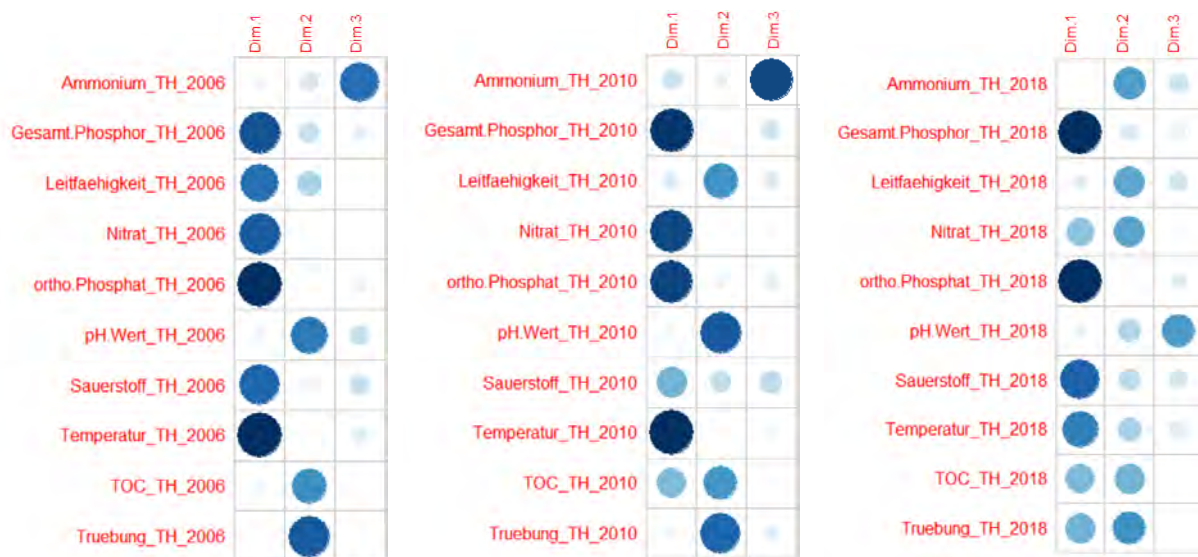


Abb. 4.2.2-14: Correlationplots der PCA der Konzentrationsdaten der drei Messzeiträume (Station *Knorscheider Mühle*) (Dim = Hauptkomponente) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

4.2.3 Vergleich der Frachten

Die Abb. der Frachten, die für die hier besprochenen Zeiträume ermittelt wurden, finden sich im Anhang (Abb. 8-17 bis 8-20).

In Tabelle 4.2.3-1 sind die Mittelwerte, Mediane und Extremwerte der Frachten der Nährstoffe sowie deren Gesamtfrachten für die drei Messzeiträume gegenübergestellt. Besonders auffällig ist die im Vergleich zu den beiden anderen Zeiträumen recht große Gesamt-Fracht an Nitrat, die im Messzeitraum 2018/2019 erfasst wurde. Für Gesamt-Phosphor zeichnet sich eine Abnahme der Belastung ab, hingegen sind die Gesamt-Frachten von ortho-Phosphat in den Jahren 2006/2007 und 2010/2011 fast gleich hoch. Der Anteil an Partikel gebundenem Phosphor lag also in den Jahren 2006/2007 und 2018/2019 jeweils bei etwas über 30%, im Messzeitraum 2010/2011 hingegen nur bei 21%. Dies könnte damit zusammenhängen, dass aufgrund der geringeren Niederschläge in diesem Messzeitraum weniger Erosion von landwirtschaftlichen Flächen stattfand. Die TOC-Frachten weisen eine Zunahme auf.

Tabelle 4.2.3-1: Vergleich a) der Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Frachten sowie b) der Gesamtfrachten der Nährstoffe (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

a)	NH ₄ -N [kg/h]	NO ₃ -N [kg/h]	P _{ges} [kg/h]	PO ₄ -P [kg/h]	TOC [kg/h]
Mittelwert 2006/2007	1,20	27,8	2,37	1,62	32
Median 2006/2007	0,491	13,9	1,32	1,09	18,5
Minimum 2006/2007	n.n.	1,79	0,095	0,065	1,44
Maximum 2006/2007	53,6	628	67,7	33,0	1135
Mittelwert 2010/2011	1,07	22,3	2,10	1,66	42,4
Median 2010/2011	0,158	11,9	1,46	1,29	23,8
Minimum 2010/2011	n.n.	2,83	0,622	0,558	8,96
Maximum 2010/2011	29,2	468	43,3	24,7	1312
Mittelwert 2018/2019	1,39	38,1	1,49	1,05	53,8
Median 2018/2019	0,163	10,4	0,711	0,603	22,1
Minimum 2018/2019	n.n.	1,49	0,219	0,189	4,23
Maximum 2018/2019	44,9	508	88,4	16,7	2985

b)	NH ₄ -N [t]	NO ₃ -N [t]	P _{ges} [t]	PO ₄ -P [t]	TOC [t]
Gesamtfracht 2006/2007	10,5	244	20,8	14,2	283
Gesamtfracht 2010/2011	9,40	195	18,4	14,5	372
Gesamtfracht 2018/2019	12,2	301	13,1	9,21	471

Die Unterteilung der Frachten in die Grundfrachten und diejenigen Mengen, die infolge von Niederschlagsereignissen transportiert werden („Regen“-Frachten“), ergaben dabei für die drei Bezugsjahre die in Abb. 4.2.3-1 aufgeführten Werte (Angaben auf den Balken: absolute Mengen in Tonnen).

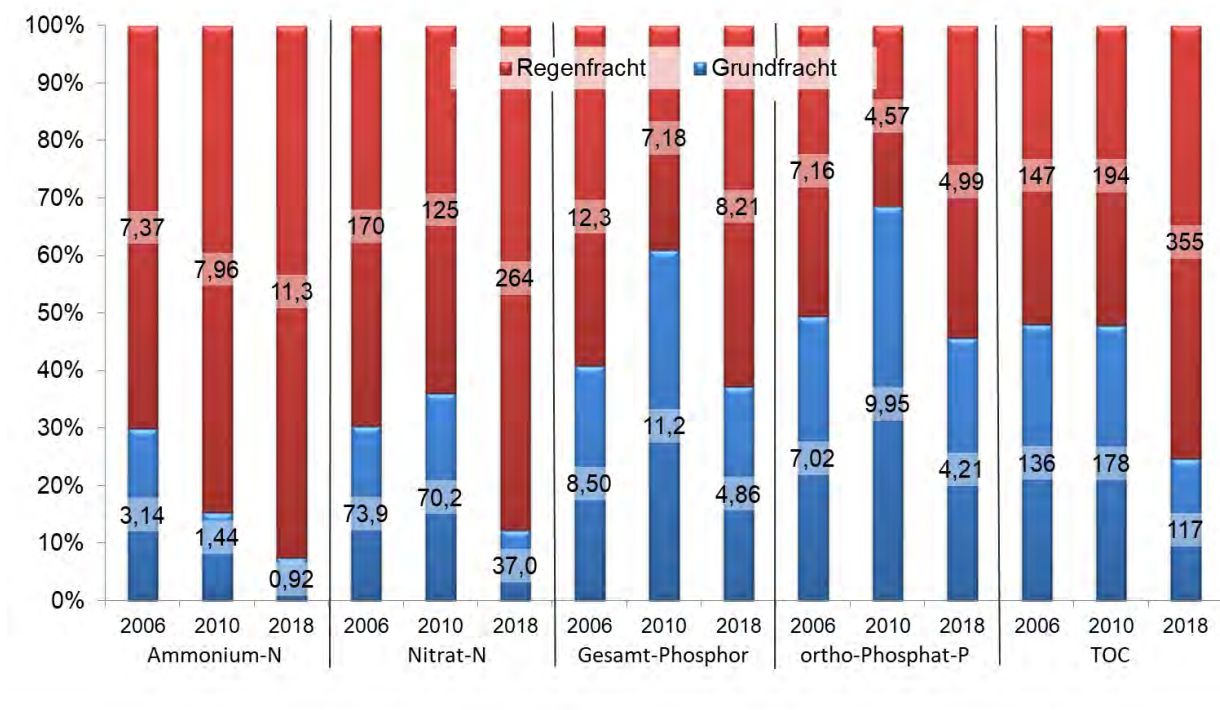


Abb. 4.2.3-1: Vergleich der Anteile der Grund- und „Regen“-Frachten an der Gesamtfracht in Prozent und in absoluten Mengen in Tonnen (Werte auf Balken) (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Die Abb. 4.2.3-2a und b geben die Zunahme bzw. Abnahme der Frachten (als Gesamtfrachten, Grund- und „Regen“-Frachten) im Vergleich der Messzeiträume 2006/2007 und 2010/2011 (a) sowie 2010/2011 und 2018/2019 (b) in Prozent wieder. Besonders augenscheinlich ist der Rückgang der Stickstoff-Frachten innerhalb von 2006/2007 zu 2010/2011 und der Anstieg der Stickstoff-Mengen im Vergleich der darauffolgenden Zeitspannen, v.a. beim Anteil der „Regen“-Fracht, welches auf einen höheren Anteil der Stickstoff-Belastung aus der Landwirtschaft, aber auch aus der Mischwasserentlastung schließen lässt. Für die Phosphor-Frachten zeigt sich für 2006/2007 auf 2010/2011 zunächst ein höherer Anteil in der Grundfracht, obwohl die Gesamt-Fracht leicht rückläufig ist. Im Vergleich der Jahre 2010/2011 und 2018/2018 wird der Rückgang der Phosphor-Fracht noch deutlicher, wobei in dieser Zeitspanne die Grundfracht stark zurückgeht. Grund hierfür ist eine Optimierung der Reinigungsleistung der im Einzugsgebiet befindlichen Kläranlagen.

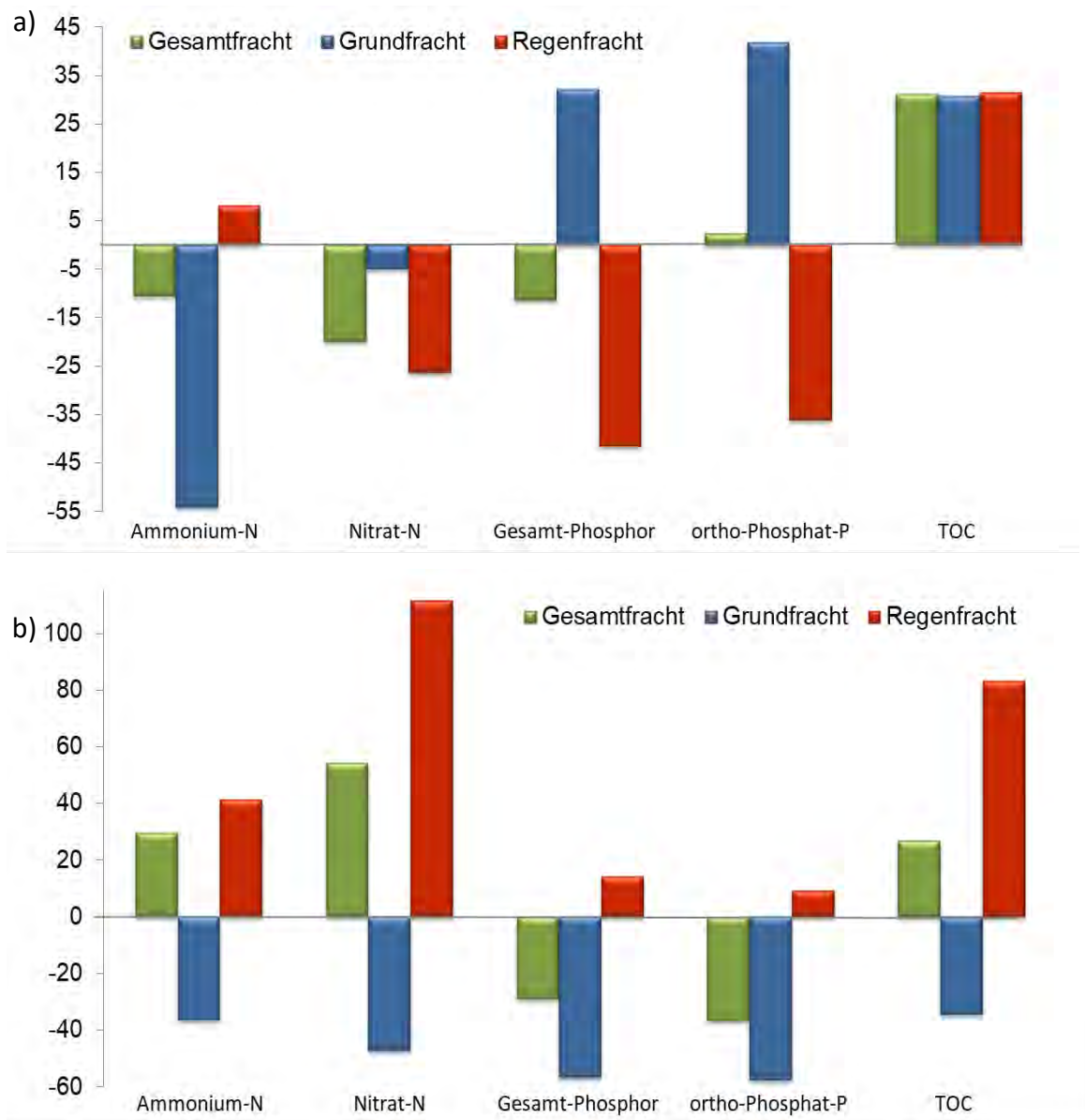


Abb. 4.2.3-2: Zunahme bzw. Abnahme der Frachten als Gesamtfrachten, Grund- und „Regen“-Frachten von: a) 2006/2007 zu (oben) und b): 2010/2011 zu 2018/2019 in Prozent (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Wie in Kapitel 2.3.2 erläutert, wurde unter Berücksichtigung der Emissionsfrachten der Kläranlagen im Einzugsgebiet eine Kategorisierung der Grund- und „Regen“-Frachten vorgenommen, um die Herkunft der Belastungen zu ermitteln. Es ergeben sich die in Tabelle 4.2.3-2 festgehaltenen Frachten in Tonnen sowie deren Anteil an der jeweiligen Gesamtfracht in Klammern.

Tabelle 4.2.3-2: Berechnete Herkunft der Frachten (Prozent-Angaben in Klammern) (Station *Knorscheider Mühle*) (9. April bis 31. Juli 2007/1. August bis 30. November 2006 sowie 9. April bis 30. November 2010 und 2018)

Gesamt-Stickstoff t (%)	Landwirtschaft	Kläranlage	Mischwasserentlastung	Grundwasser	Summe
2006/2007	170 (67)	60,0 (24)	7,41 (3)	17,1 (7)	254
2010/2011	125 (61)	40,5 (20)	7,96 (4)	31,2 (15)	204
2018/2019	264 (84)	36,2 (12)	11,3 (4)	1,75 (1)	313

Gesamt-Phosphor t (%)	Landwirtschaft	Kläranlage	Mischwasserentlastung	Summe
2006/2007	5,13 (25)	8,5 (41)	7,15 (34)	20,8
2010/2011	2,61 (14)	11,2 (61)	4,57 (25)	18,4
2018/2019	3,22 (25)	4,86 (37)	4,99 (38)	13,1

Besonders auffällig ist, dass sich für den Messzeitraum 2010/2011 ein nicht unerheblicher Anteil von Gesamt-Stickstoff aus dem Grundwasser ergibt, der 2018/2019 nicht mehr nachgewiesen werden konnte. Woher dieser großen Mengen an Nitrat im Grundabfluss stammen, konnte nicht abschließend geklärt werden. Die Nitrat-Gehalte, die in den Jahren 2010/2011 im Grundwasser gemessen wurden, liegen nur in 2 der 6 relevanten Messstellen über den langjährigen Mittelwerten. Da der Abfluss im Jahr 2010/2011 recht hoch war, kann dieses Phänomen auch rein rechnerisch bedingt sein und daher rühren, dass der Median des Abflusses im Vergleich zu den anderen Messzeiträumen höher ist (vgl. Tabelle 4.2.1-1). Dieser prozentuale Anteil an Gesamt-Stickstoff verschiebt sich quasi 2018/2019 in die Kategorie der landwirtschaftlichen Belastung, die übrige prozentuale Verteilung bleibt weitestgehend gleich. Es ist allerdings dabei zu bedenken, dass die Gesamt-Mengen an Nährstoffen insgesamt im Messzeitraum 2018/2019 deutlich geringer waren und die Fracht an Gesamt-Stickstoff um etwa ein Viertel, von Gesamt-Phosphor um fast die Hälfte reduziert wurde.

Auch hier am Gebietsauslass war der Rückgang der Frachten von Gesamt-Phosphor durch die Optimierung der Phosphor-Emissionen der Kläranlagen im Einzugsgebiet im Laufe der Zeit deutlich bemerkbar.

4.2.4 Vergleich mit den durch die Behörde erhobenen Messwerte in Oberflächen- und Grundwasser sowie Trendbetrachtung der Daten

Neben den online erhobenen Messdaten der Jahre 2010/2011 und 2018/2019 wurden, wie auch an der Ill, die Messwerte des behördlichen Überwachungsprogrammes der Ill zur Bewertung des Zustandes der Ill herangezogen. Bei diesen Messwerten handelt es sich um die Daten der Stichprobenahmen der Jahre 2006 bis 2018 der Theel an der Landes-Messstelle in *Knorscheid* (124).

Die Einzelwerte dieser Messungen sind für die mit den online erhobenen Parametern vergleichbaren Daten in Abb. 4.2.4-1 bis 4.2.4-3 dargestellt.

So lassen sich die Extremwerte der einzelnen Messgrößen erkennen, wie z.B. die Leitfähigkeit (über 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$) im Januar 2017, welche vermutlich durch die Einträge von Streusalzen bedingt war (Abb. 4.2.4-1). Die Grundgehalte von Ammonium scheinen ab dem Jahr 2010 abzunehmen. Die Nitrat-Konzentrationen zeigen in allen Jahren, wie oben beschrieben, im Herbst und Winter sehr viel höhere Messwerte als im Frühjahr und Sommer (Abb. 4.2.4-2).

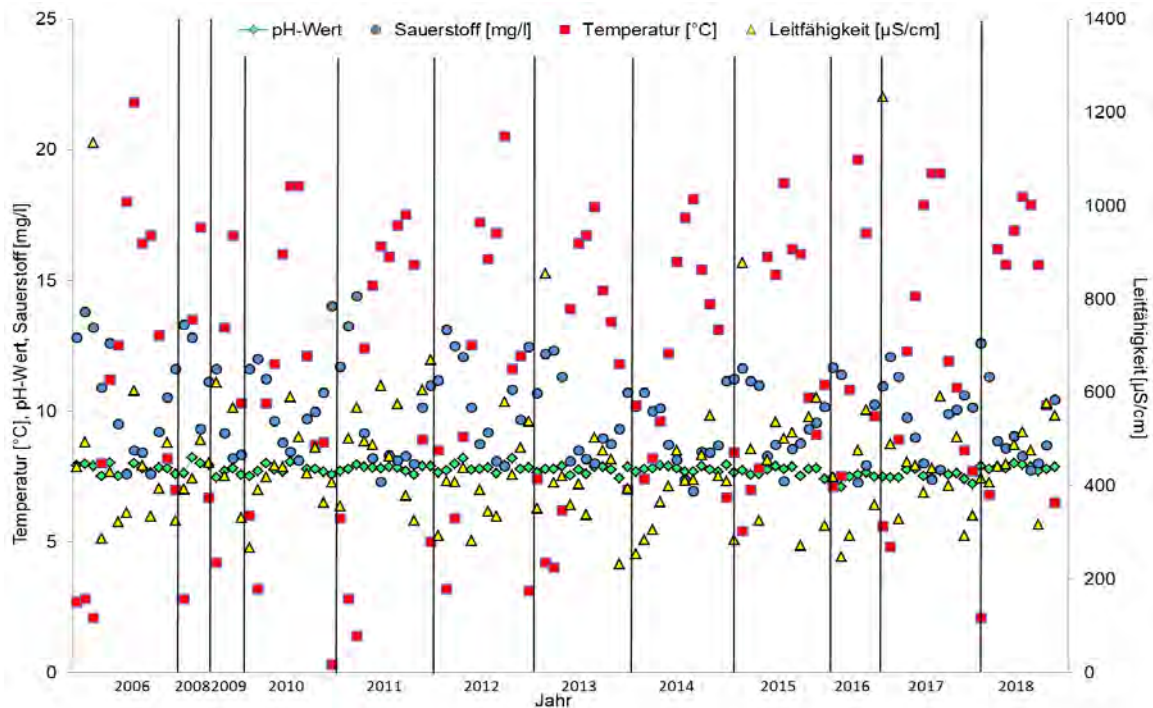


Abb. 4.2.4-1: Ergebnisse der Messungen von P2, Temperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit in den Jahren 2006 bis 2018 in der Theel an der Landes-Messstelle in Knorscheid (124) durch das LUA

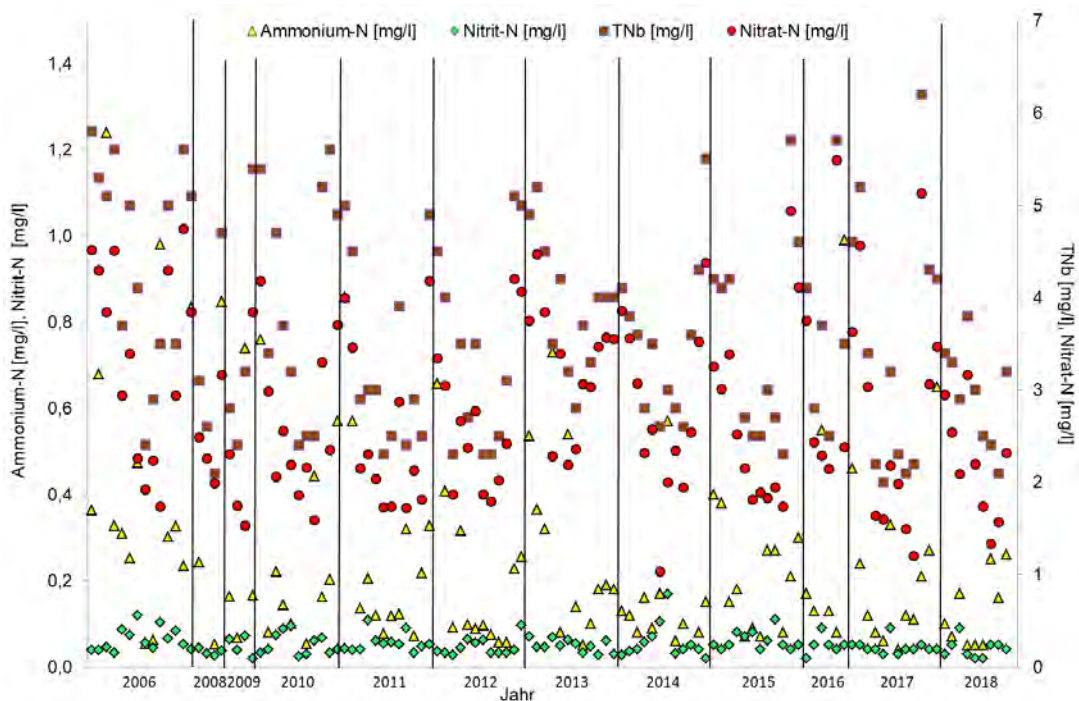


Abb. 4.2.4-2: Ergebnisse der Beprobung von TNb, Nitrat, Ammonium und Nitrit in den Jahren 2006 bis 2018 in der Theel an der Landes-Messstelle in Knorscheid (124) durch das LUA

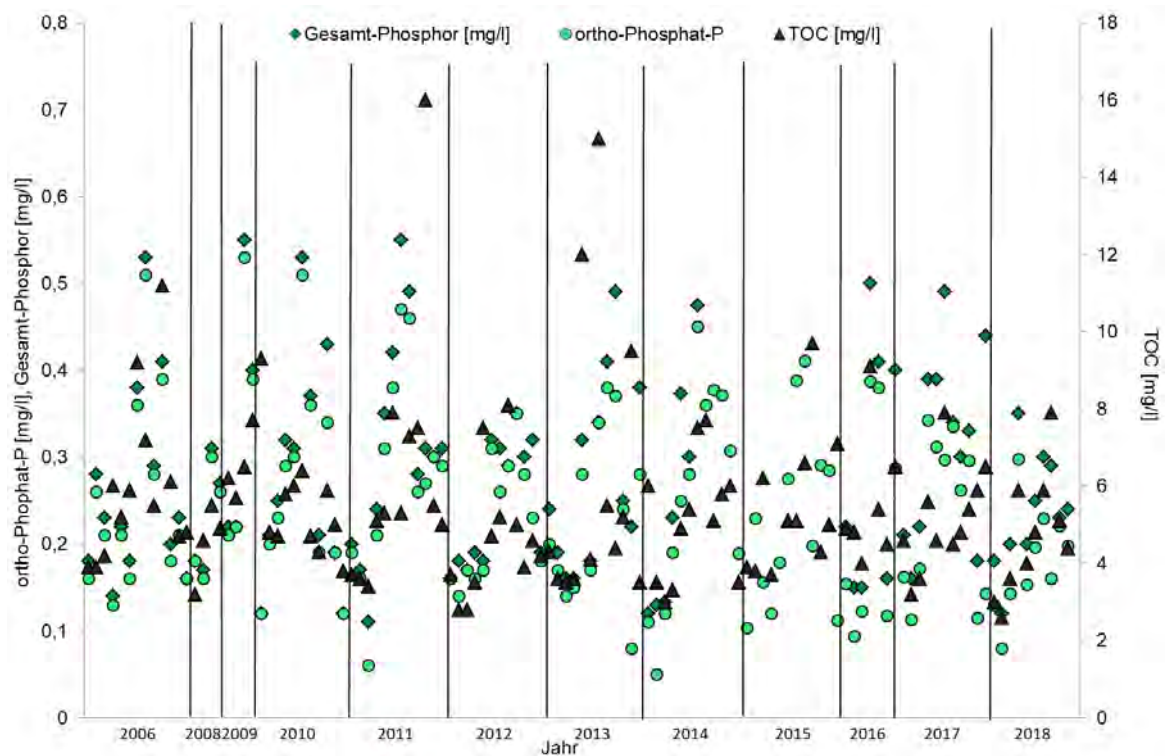


Abb. 4.2.4-3: Ergebnisse der Beprobung von Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat und TOC in den Jahren 2006 bis 2018 in der Theel an der Landes-Messstelle in *Knorscheid* (124) durch das LUA

Um statistisch abgesicherte Aussagen über die längerfristigen Trends der einzelnen Substanzen und Messgrößen zu erhalten, wurde für die oben beschriebenen Messwerte der Landes-Messstelle in *Knorscheid* basierend auf der in Kapitel 2.3.4 beschriebenen Vorgehensweise eine Trendermittlung für die Jahre 2006 bis 2018 durchgeführt³⁵. Die Prüfung der entsprechenden Jahres-Mediane auf Normalverteilung mit Hilfe des Shapiro-Wilk-Testes ergab, dass die Jahres-Mediane der Jahre 2006 bis 2018 der Parameter Nitrat, TNb, Ammonium, Aluminium, Barium, Blei, Eisen, Chrom und Zink nicht normalverteilt sind (Tabelle 8-4 im Anhang). Für diese Parameter wurde der Trend mit Hilfe des Mann-Kendall-Tests bestimmt. Lediglich Ammonium, Chrom und Eisen weisen aus der Gruppe der nicht-normalverteilten Datensätze einen signifikanten abnehmenden Trend auf (Abb. 4.2.4.-4).

³⁵ Für Cadmium und Quecksilber wurde keine Trendermittlung durchgeführt, da alle Messwerte unter der jeweiligen Nachweisgrenze lagen.

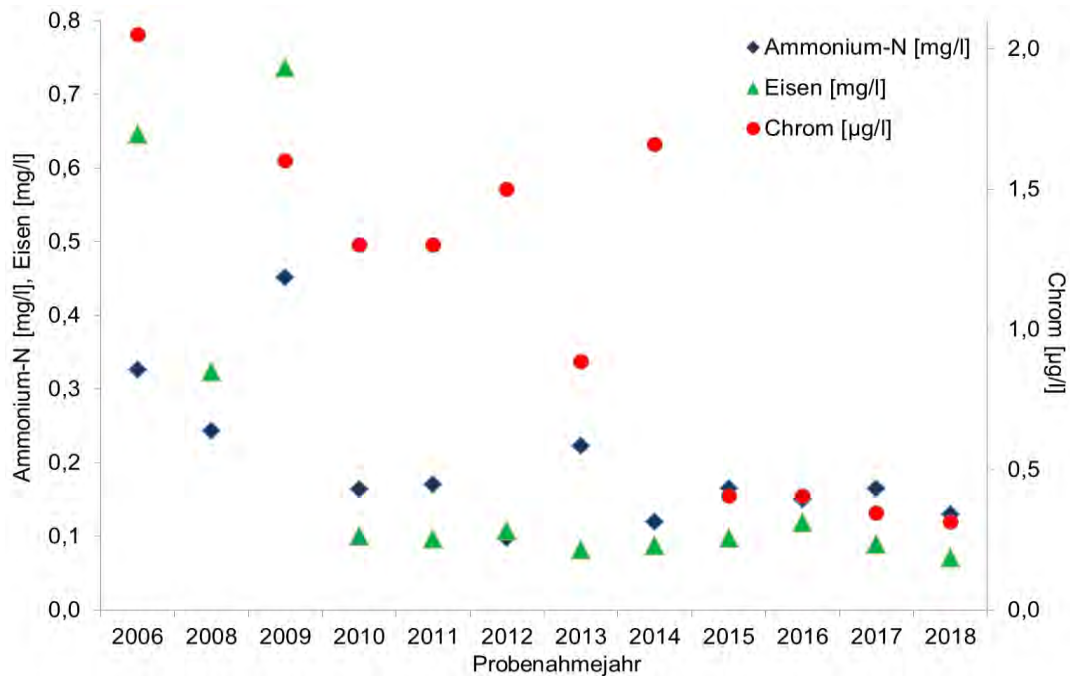


Abb. 4.2.4-4: Jahres-Mediane von Ammonium, Chrom und Eisen mit signifikant abnehmendem Trend (LUA-Beprobungen der Theel in *Knorscheid*, Landes-Messstelle 124, 2006 bis 2018)

Von den normalverteilten Parametern konnte mit Hilfe der linearen Regression nur für Mangan und Nickel ein signifikant abnehmender Trend ermittelt werden (Abb. 4.2.4-5).

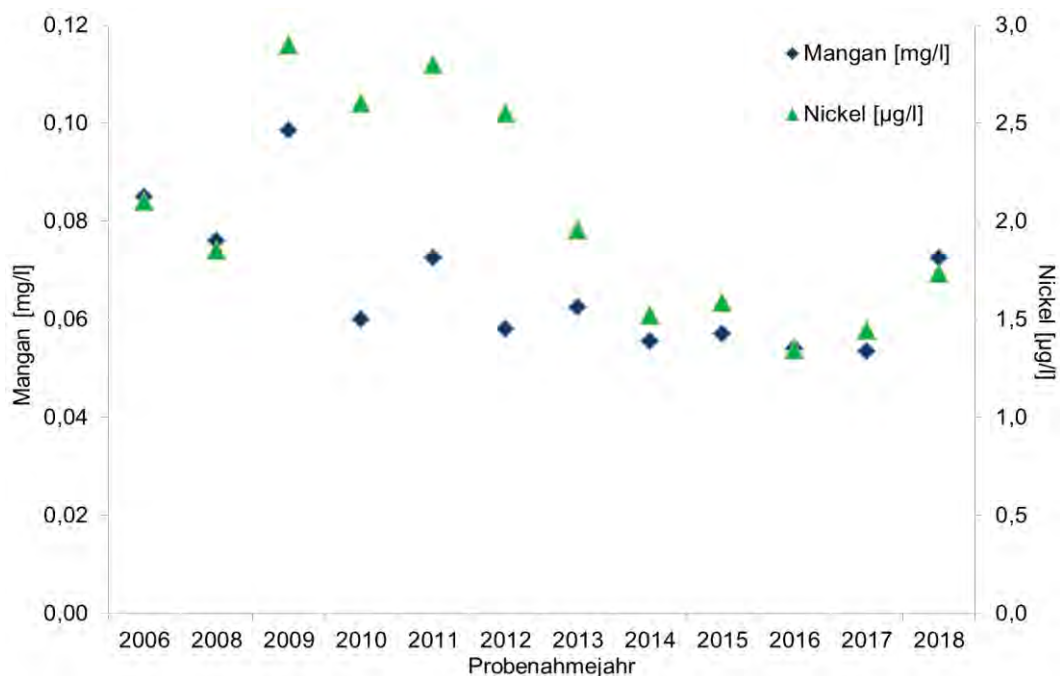


Abb. 4.2.4-5: Jahres-Mediane von Mangan und Nickel mit signifikant abnehmendem Trend (LUA-Beprobungen der Theel in *Knorscheid*, Landes-Messstelle 124, 2006 bis 2018)

Für keinen der weiteren gemessenen Parameter wie die übrigen Nährstoffe (Nitrat, Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat, TOC), die elektrochemischen Messgrößen, die (Halb-, Erdalkali- und Schwer-) Metalle (Aluminium, Arsen, Barium, Blei, Bor, Kalzium, Kalium, Kupfer, Magnesium, Natrium, Silicium, Strontium, Zink) sowie für Sulfat und Chlorid konnte ein signifikanter Trend festgestellt werden.

Zur Bewertung der Herkunft von Nitrat und der zeitlichen Entwicklung der Nitrat-Konzentrationen ist es zudem sinnvoll, auch Daten aus Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet zu berücksichtigen. Daher wurden die Nitrat-Konzentrationen aus den für die Theel relevanten Messstellen 01085, 01086, 01087, 01088, 01089, Sf479 und 01628, welche in den Jahren 2006 bis 2019 jährlich durch das LUA erhoben wurden, einer genaueren Betrachtung unterzogen (Abb. 8-21 im Anhang). Dabei zeigen sich bei den räumlich sehr nah beieinander liegenden Messstellen (01085, 01086, 01087, 01088, 01089, Sf479) grundsätzlich vergleichbare Konzentrationen an Nitrat (Tabelle 4.3-1) sowie ähnliche Leitfähigkeits- und pH-Werte³⁶. Die Ammonium-Gehalte bewegen sich zudem in diesen Messstellen meist unter der Nachweisgrenze. Die im oberen Bereich des Einzugsgebietes gelegene Messstelle 01628 hingegen zeichnet sich durch sehr hohe Leitfähigkeits- und pH-Werte³⁷ aus. Es ist kaum Nitrat nachweisbar, allerdings liegen die Ammonium-Gehalte im Mittelwerte 0,537 mg/l Ammonium-N.

Die Nitrat-Werte der Grundwassermessstellen wurden analog der in Kapitel 2.3.5 beschriebenen Vorgehensweise einer Trendanalyse unterzogen. Da die Nitrat-Gehalte der Messstelle 01628 meist unter der Bestimmungsgrenze liegen und die Konzentrationen irrelevant sind, wurde auf die Trendanalyse dieser Messdaten verzichtet. Die Prüfung der Jahreswerte der übrigen Messstellen auf Normalverteilung mit Hilfe des Shapiro-Wilk-Testes ergab eine Normalverteilung der Daten aller Messstellen bis auf 01086. Für diese Messstellen wurde der Trend mit Hilfe des Mann-Kendall-Tests bestimmt. Die Messstellen 01085, 01086 und 01087 weisen demnach einen über die Jahre 2006 bis 2019 signifikant abnehmenden Trend auf, die Messstelle 01089 einen signifikant ansteigenden Trend (Abb. 4.2.4-1). Für die anderen beiden Stellen wies keine signifikante Trend festgestellt werden (Tabelle 4.3-1).

Tabelle 4.2.4-1: Mittelwerte der Konzentration an Nitrat im Grundwasser und Trend über die Jahre 2006 bis 2019 in den betrachteten Grundwassermessstellen (jährliche Beprobung durch das LUA, 2006 bis 2019)

Messstelle	01085	01086	01087	01088	01089	Sf479	01628
Mittelwert Nitrat-N [mg/l]	4,65	4,11	7,53	8,03	5,07	7,55	0,663
Trend	fallend	fallend	fallend	nein	steigend	nein	n.n.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich keine generelle Aussage über die Entwicklung der Nitrat-Gehalte im Grundwasser ableiten, zumal die relevanten Messstellen räumlich sehr nah beieinander liegen und im übrigen Einzugsgebiet keinerlei Daten erhoben werden.

³⁶ Mittelwerte der Jahre 2006 bis 2019 der einzelnen Messstellen: pH-Werte 7 bis 7,2; Leitfähigkeitswerte: 510 – 740 µS/cm

³⁷ Mittelwert der Jahre 2006 bis 2019 der Messstelle 01628: pH-Wert: 8,2; Leitfähigkeit: 1398 µS/cm

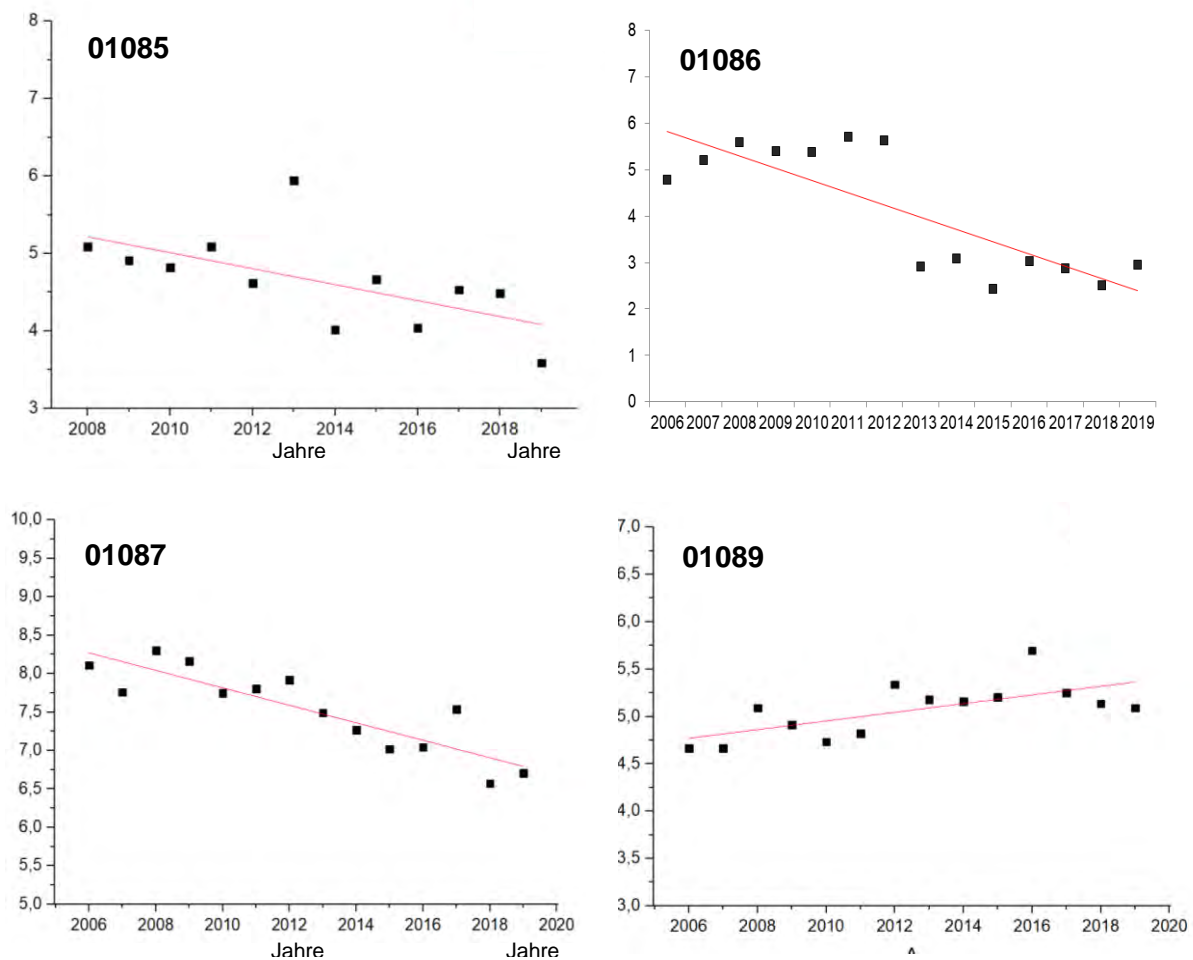


Abb. 4.2.4-6: Statistisch signifikante Trends der Nitrat-Konzentration über die Jahre 2006 bis 2019 in den Grundwassermessstellen 01085, 01086, 01087 (jeweils abnehmend) und 01089 (zunehmend) (jährliche Beprobung durch das LUA, 2006 bis 2019)

4.2.5 Fazit Theel

Da der Standort an der *Knorscheider Mühle* an der Theel in hohem Maße von dem der Ill beeinflusst wird, konnten am Standort am Gebietsauslass ähnliche Beobachtungen gemacht werden wie in *Eppelborn*.

Allerdings bringt die Betrachtung eines dritten Messzeitraumes (2006/2007) weitere Aspekte zutage. So ist zu erkennen, dass die Konzentrationen an Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat während der ersten Messkampagne deutlich unter denen von 2010/2011 lagen, der Rückgang der Phosphor-Belastungen wird dadurch zunächst relativiert. Dies liegt aber vornehmlich daran, dass der Abfluss im Jahr 2018/2019 sehr gering war und die Emissionen daher weniger stark verdünnt wurden. Der Vergleich der Frachten ergibt eine Reduktion der Belastungen von 63% Gesamt-Phosphor und 65% ortho-Phosphat von 2006/2007 auf 2018/2019, was hauptsächlich auf die Optimierung von Prozessen bei der Abwasserreinigung zurückgeführt werden kann, da die Frachten aus der Mischwasserentlastung und aus der Landwirtschaft praktisch unverändert blieben. Dennoch ist

festzuhalten, dass auch im aktuellen Messzeitraum die Konzentrationen von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat fast immer über den Anforderungen der OGewV lagen.

Die Ammonium-Gehalte gehen, wie auch die Ermittlung der langfristigen Trends anhand der Überwachungsdaten des LUA zeigen, im Laufe der Zeit deutlich zurück. Allerdings wurde für das Jahr 2018/2019 trotz geringer Abflüsse die höchste Ammonium-Fracht gemessen. Grund hierfür ist die Tatsache, dass bei vielen Abschlägen aus Mischwasserentlastungsbauwerken sehr große Mengen an Ammonium in das Gewässer eingetragen wurden. In Summe kommt es daher zu einer Erhöhung der Frachten von Ammonium im Vergleich zu den beiden vorherigen Messzeiträumen. Dies verdeutlicht die negativen Auswirkungen der Mischwasserentlastung vor allem während länger anhaltender Niedrigwasserabflüsse in Kombination mit lokalen Starkregeneignissen. Derartige Abschläge traten, in sehr unterschiedlicher Intensität, im Messzeitraum 2006/2007 etwa 40 Mal, im Zeitraum 2010/2011 36 Mal und 2018/2019 34 Mal auf.

Die Temperaturen stellen sich in allen drei Messzeiträumen ähnlich dar, gelegentlich kommt es zu Überschreitungen der Anforderungen nach OGewV. Die Sauerstoff-Gehalte liegen im Mittel im Messzeitraum 2018/2019 leicht unter den Gehalten der Vergleichszeiträume. Als positiv ist hingegen zu bewerten, dass in dieser Zeit keine Phasen mit solche extremen Sauerstoff-Defiziten wie 2006/2007 und 2010/2011 aufgezeichnet wurden. Insgesamt zeigt auch der Standort an der Knorscheider Mühle ebenso wie der Standort an der Ill weniger Anzeichen einer Eutrophierung als in den Vorjahren.

Weitere Informationen ergaben sich durch die Analyse der Daten mittels PCA (Principle Component Analysis; Hauptkomponentenanalyse). Grundsätzlich wird ersichtlich, dass das Gewässersystem am Standort an der Knorscheider Mühle nach wie vor stark von Phosphor beeinflusst wird. Während jedoch die Daten der Messzeiträume 2006/2007 und 2010/2011 ein ähnliches Bild bieten, lassen sich im Vergleich dazu im Datensatz der Messkampagne 2018/2019 auch größere Unterschiede feststellen. So zeigen z.B. TOC und Trübung eine höhere Korrelation mit Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat. Grund hierfür ist die Tatsache, dass im Jahr 2018/2019 weniger Niederschläge aufgetreten sind und die beiden Parameter TOC und Trübung in den Jahren 2006/2007 und 2010/2011 stärker von Niederschlägen beeinflusst waren, während des trockeneren Messzeitraumes jedoch eher kommunales Abwasser die dominierenden Eintragsquellen für Trübung und TOC waren (wie dies für Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat grundsätzlich der Fall ist). Darüber hinaus wird ersichtlich, dass der Einfluss sowohl von Ammonium als auch von Nitrat im Datensatz 2018/2019 geringer ist als zuvor.

Die Ermittlung der längerfristigen Trends auf Basis der Überwachungsdaten des LUA ergab für die Jahre 2006 bis 2018 einen signifikant abnehmenden Trend für Ammonium, was, ebenso wie an der Ill in *Eppelborn*, auf eine Verbesserung der Abwasserbehandlung im Einzugsgebiet zurückgeführt werden kann, rückläufige Trends konnten ebenfalls für Mangan, Eisen Chrom und Nicke festgestellt.

Es bleibt festzuhalten, dass sich die an Ill und Theel beobachteten Phänomene zum Teil stark ähneln. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die Belastungen der Ill einen sehr großen Einfluss auf den Zustand der Theel haben.

5. Vergleich der Ergebnisse von Theel, Ill und Alsbach 2018/2019 mit denen anderer Studien

Das Einzugsgebiet Ill-Theel dient seit vielen Jahren als Modellprojekt zur Realisierung verschiedenster Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässergüte sowie im Speziellen zur Umsetzung der Im Vergleich zur Modellierung der tectraa⁴⁷ kann festgehalten werden, dass die Abweichungen WRRL. Aus diesem Grund wurden in diesem Einzugsgebiet immer wieder wissenschaftliche Arbeiten durchgeführt. Die drei aktuellsten sind:

- SCHMITT, T. G.; KNERR, H.; ZHOU, J.; GRETZSCHEL, O. (2018): „Erarbeitung einer Handlungsanleitung zur Ermittlung der Herkunft von Nährstoffbelastungen im Einzugsgebiet von Ill und Theel“. Studie im Auftrag des Zweckverbandes Natura Ill-Theel. Deutschland. Schlussbericht 2018. [10]
- KIEPURNING, A. (2018): Quantifizierung diffuser Fest- und Nährstoffeinträge aus Ackerflächen in Fließgewässersysteme - Eine Untersuchung am Beispiel des Theel-Ill-Einzugsgebietes, Saarland; Dissertation an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 2018 [3]
- KUCH, B.; LANGE, C.; WEINS, C. (2014): Untersuchung von ausgewählten Mikroverunreinigungen und konventionellen Parametern im Einzugsgebiet Theel/Ill, Abschlussbericht. Stuttgart/Saarbrücken, 2014 [11]

Ziel der Studie, welche im Auftrag des Zweckverbandes Natura Ill-Theel am Zentrum für Innovative AbWassertechnologien der Technischen Universität Kaiserslautern (tectraa) durchgeführt wurde, war die Ermittlung der Herkunft der Nährstoffeinträge im Einzugsgebiet Theel-Ill [10]. Zu diesem Zweck wurden „Methoden entwickelt, um Emissionen mit unterschiedlichem Detailgrad zu bilanzieren und die Hauptverursacher zu identifizieren. Dazu wurde einerseits eine detaillierte Bilanzierung der Emissionen für die Parameter Nges und Pges entwickelt, die auf der Ebene von Gewässerabschnitten bzw. Teileinzugsgebieten (< OWK) bilanziert. Zum anderen eine vereinfachte Methodik, die mit geringerem Aufwand und i. d. R. allgemein verfügbaren Daten eine verursachergerechte Identifikation der Emissionen auf OWK-Ebene erlaubt. Beide Methoden ermöglichen die verursacherbezogene Abschätzung der Emissionen sowie eine Abschätzung der daraus resultierenden, auf den mittleren Gewässerabfluss (MQ) bezogenen Konzentrationen im Gewässer (abschnittsweise bzw. am Gebietsauslass des OWK).“ Zudem ermöglicht diese Vorgehensweise auch die Entwicklung von Maßnahmenzenarien und eine Einschätzung der Effektivität bestimmter Maßnahmen.

Als Datengrundlage dienten dabei die Kläranlagen-Betriebstagebücher des EVS (Tageswerte) der Jahre 2014 und 2015, die Schmutzfrachtberechnungen für die Kläranlagen-Einzugsgebiete des LUA Saarland sowie Landwirtschaftliche Szenarien (nach Kubiniok 2015), woraus im Anschluss die Ermittlung der Frachten/der Emissionen für Kläranlagen, Mischwasserentlastung und Landwirtschaft erfolgte.

Die Abschätzung der Immissionen wurde auf Grundlage der Ergebnisse der manuellen Beprobungen der Jahre 2009 bis 2015 durch das LUA an den Messstellen (Nr. 1496, 1510 1508 1498 2437 1567 und

124) im Einzugsgebiet vorgenommen. Es ist anzumerken, dass diese Datendichte eher dürftig ist, da für die Messstellen 1498 (Ill) und 124 (Theel) über den gesamten Zeitraum zwar ein Wert pro Monat vorliegt, die anderen Stationen aber lediglich in einem oder maximal 2 Jahren 4 bis 6 Mal pro Jahr beprobt wurden (vgl. auch Tabelle 10 in [10]). Auf Basis dieser Daten sowie einer „Abflussregionalisierung auf MQ-Basis“ wurde eine Abschätzung der „Gewässerkonzentrationen entlang des Fließweges für die definierten Gewässerabschnitte“ vorgenommen.

Die Studie kam für das Einzugsgebiet der Theel so zu dem Schluss, „dass für den Parameter Pges sowohl die Siedlungswasserwirtschaft als auch die Landwirtschaft in etwa zu gleichen Anteilen für die Emissionen verantwortlich sind: Landwirtschaft 46 %, Kläranlagen 35 %, Mischwasserentlastungen 20 %. Für den Parameter Nges trägt die Landwirtschaft mit über 78 % zu den Nges-Emissionen bei und ist somit vor den Kläranlagen (12 %) und den Mischwasserentlastungen (10 %) der Hauptemittent.“ [10]

Um diese Zahlen mit den Ergebnissen der hochfrequenten Immissionsdaten an Ill und Theel vergleichen zu können, wurden die online erhobenen Daten, welche in Kapitel 4.1 (Ill in *Eppelborn*, Messzeiträume 2010/2011 und 2018/2019) und in Kapitel 4.2 (Theel an der Knorscheider Mühle, Messzeiträume 2006/2007, 2010/2011 und 2018/2019) beschrieben wurden, herangezogen. Betrachtet wurden dabei die Frachten von Gesamt-Phosphor sowie der Summe von Nitrat und Ammonium als Gesamt-Stickstoff, da Letzterer im vorliegenden Kontext vornehmlich die Summe aus Nitrat-, Ammonium-, und Nitrit-Stickstoff³⁸ wiedergibt.

Zwar wird auch in der Studie der tectraa darauf hingewiesen, dass in der Regel zur Abschätzung der Frachten der Median des Abflusses herangezogen und „die Bilanzierung bei MNQ den Jahresdurchschnittswert der Stoffkonzentrationen im Gewässer überschätzt“ wird. „Jedoch wird der Medianwert (MedianQ) oder Q183, als die geeignetere hydrologische Bezugsgröße für den konzentrationsbezogenen Schwellenwert, in den deutschen hydrologischen Jahrbüchern nicht geführt. Vor diesem Hintergrund erfolgt die Bewertung der mittleren Gewässerbelastung im Projekt mit MQ“ [10], also dem Abfluss-Mittelwert. Die Einteilung der online-Messdaten in Grundfrachten und die infolge von Niederschlag transportierten Frachten („Regen“-Frachten“) erfolgte jedoch wieder anhand der in Kapitel 2.3.2 beschriebenen Vorgehensweise, welche den Abfluss-Median zugrundelegt.

Bei direkten Vergleich dieser Ergebnisse mit den Ergebnissen der Studie der tectraa ist zu berücksichtigen, dass die vorliegende Arbeit sich auf gemessene Immissionen bezieht, die Studie der tectraa hingegen die Emissionen im Einzugsgebiet Ill-Theel betrachtet und die Retention von Gesamt-Stickstoff und Gesamt-Phosphor im Gewässer mit theoretischen Faktoren³⁹ kalkuliert.

Die Gegenüberstellung zeigt für die Messzeit 2018/2019 für die Ill (Tabelle 5-1) sowie für die Messzeiten 2006/2007 und 2018/2019 für die Theel (Tabelle 5-2) in Bezug auf Gesamt-Stickstoff mit der tectraa-Studie jeweils vergleichbare Größenordnungen für die prozentuale Verteilung sowie für die gesamte, im Gewässer messbare Fracht an Stickstoff. Die Abweichungen in Bezug auf den Messzeitraum 2010/2011 resultieren an beiden Standorten vor allem aus dem hohen Anteil an Nitrat im Grundabfluss, der auf Einträge über das Grundwasser zurückzuführen ist.

Hingegen spiegeln die Daten von Gesamt-Phosphor in Ill und Theel die Abnahme des Anteils der Kläranlagen-Einträge als Ergebnis der Optimierung aller Kläranlagen im Einzugsgebiet im Laufe der

³⁸ Bei der optischen Messung werden Nitrat und Nitrit zusammen erfasst (NO_x). Die Gehalte an Nitrit-Stickstoff werden daher im Rahmen der Qualitätskontrolle einmal wöchentlich gemessen und sind für alle Standorte grundsätzlich als vernachlässigbar zu erachten (vgl. auch Tabellen 3.1.3-1, 3.2.3-1 und 3.3.3-1).

³⁹ Faktoren: 25% für Gesamt-Stickstoff und 50% für Gesamt-Phosphor.

letzten Jahre wider. Dies führt natürlich auch zu einem Rückgang der Gesamt-Frachten (vgl. Kapitel 4.1.3 und 4.2.3).

Tabelle 5-1: Herkunft der Frachten an Gesamt-Stickstoff (oben) und Gesamt-Phosphor (unten) in der III in Tonnen (Prozent-Angaben in Klammern) der Jahre 2010/2011 und 2018/2019 (Stationen *Eppelborn*) im Vergleich mit den Ergebnissen der Studie der *tectraa* (2009-2015)

Gesamt-Stickstoff in t (%) III	Landwirtschaft	Kläranlage	Mischwasserentlastung	Grundwasser	Summe
2010/2011	120 (65)	18,1 (10)	4,44 (2)	41,8 (23)	184
2018/2019	121 (86)	15,1 (11)	4,10 (3)	nn	140
Tectraa (detaillierte Betrachtung)	153 (81)	18,3 (10)	17,2 (9)	Nicht berücksichtigt	188*
					140**

Gesamt-Phosphor in t (%) III	Landwirtschaft	Kläranlage	Mischwasserentlastung	Summe
2010/2011	1,93 (15)	8,15 (61)	3,19 (24)	13,3
2018/2019	2,35 (35)	1,36 (20)	3,04 (45)	6,74
Tectraa (detaillierte Betrachtung)	7,3 (49)	4,7 (32)	2,9 (19)	14,9*
				7,5**

* Emissionen im Einzugsgebiet III, ** Immission am Gebietsauslass III

Tabelle 5-2: Herkunft der Frachten an Gesamt-Stickstoff (oben) und Gesamt-Phosphor (unten) in der Theel in Tonnen (Prozent-Angaben in Klammern) der Jahre 2006/2007, 2010/2011 und 2018/2019 (Station *Knorscheider Mühle*) im Vergleich mit den Ergebnissen der Studie der *tectraa* (2009-2015)

Gesamt-Stickstoff in t (%) Theel	Landwirtschaft	Kläranlage	Mischwasserentlastung	Grundwasser	Summe
2006/2007	170 (67)	60,0 (24)	7,40 (3)	17,1 (6)	254
2010/2011	125 (61)	40,5 (20)	7,96 (4)	31,2 (15)	204
2018/2019	264 (84)	36,2 (11)	11,3 (4)	1,75 (1)	313
Tectraa (detaillierte Betrachtung)	280 (78)	41,6 (12)	36,8 (10)	Nicht berücksichtigt	359*
					269**

Gesamt-Phosphor in t (%) Theel	Landwirtschaft	Kläranlage	Mischwasserentlastung	Summe
2006/2007	5,13 (25)	8,5 (41)	7,15 (34)	20,8
2010/2011	2,61 (14)	11,2 (61)	4,57 (25)	18,4
2018/2019	3,22 (25)	4,86 (37)	4,99 (38)	13,1
Tectraa (detaillierte Betrachtung)	14 (46)	10,6 (34)	6 (20)	30,6*
				15,3**

* Emissionen im Einzugsgebiet Ill-Theel, ** Immission am Gebietsauslass Ill-Theel

Stellt man die gemessenen Immissionsdaten von Gesamt-Phosphor den Emissionsfrachten der Kläranlagen für dieselben Zeiträume gegenüber, so ergeben sich, nur im Hinblick auf die Einträge aus den Kläranlagen, Retentionsraten zwischen 10% (Theel 2010/2011) und 52% (Ill 2018/2019).

Im Vergleich zur Modellierung der tectraa⁴⁰ kann festgehalten werden, dass in die Abweichungen zwischen den Prozentanteilen der Modellierung und den anhand der online-Werte errechneten Anteile Falle von Gesamt-Stickstoff relativ gering sind, wobei grundsätzlich anzumerken ist, dass in der Modellierung Einträge aus dem Grundwasserkörper gar nicht berücksichtigt wurden. Vor allem im Hinblick darauf, dass in die Studie der tectraa Emissionen betrachtet werden, es sich bei den Messdaten des vorliegenden Berichtes aber um Immissionen handelt, weisen die Ergebnisse eine hohe Kongruenz auf.

Während Belastungen aus Punktquellen wie Kläranlagen oftmals gut zu erfassen sind, lassen sich Emissionen aus diffusen Quellen nur sehr schwierig quantifizieren.

In der Dissertation von Kiepurning [3] wurden am Beispiel des Theel-Ill-Einzugsgebietes diffuse Fest- und Nährstoffeinträge aus Ackerflächen in Fließgewässersysteme anhand von Untersuchungen von ausgewählten Referenzflächen mit unterschiedlich intensiver Düngung quantifiziert. Dabei wurde festgestellt, dass „die mittlere PO₄-Konzentration der Referenzflächen mit Werten zwischen 2,7 und 15,8 mg/100g Boden deutliche Konzentrationsunterschiede zeigt“ und „mit Ausnahme von zwei Probenahmepunkten auf Fläche R1 die PO₄-Konzentrationen flächendeckend unterhalb von 5 mg/100g Boden liegen, was auf einen geringen Stoffeintrag durch Düngung hindeutet“. Auf einem Großteil der Untersuchungsflächen bewegte sich der Sedimentaustrag zwischen 60% und 85%. Dementsprechend liegt der jährliche Eintrag von Bodenmaterial aus den Ackerflächen in das Fließgewässersystem je nach Untersuchungsstandort zwischen 2 und 16 t Bodenmaterial pro Hektar Ackerfläche. Im Mittel betrug die Sedimentaustragsrate 7,5 t/ha/a ($\pm 4,4$)“ [3]. Allerdings konnte auch „auf den methodenrelevanten Untersuchungsflächen eine Speicherung eines Teils der am Hang mobilisierten Sedimente am Hangfuß nachgewiesen werden. Je nach Ausmaß der Sedimentspeicherung wird der Austrag der mobilisierten Hangsedimente aus den Ackerflächen so zum Teil sehr deutlich vermindert. Dementsprechend nehmen Kolluvien im Untersuchungsgebiet eine bedeutende Rolle als Sedimentspeicher und als Retentionsraum für mobilisiertes Hangmaterial ein.“ Insofern ist trotz der hohen Erosionsgefährdung im Einzugsgebiet von Ill und Theel „ein vergleichsweise geringer Anteil der von Bodenerosion betroffenen Ackerflächen tatsächlich für den

⁴⁰ für das Einzugsgebiet der Theel

Eintrag von mobilisiertem und ausgetragem Bodenmaterial in die Fließgewässer verantwortlich. Auf diesen Flächen reichen jedoch bereits vergleichsweise geringe jährliche Hangabtragsraten aus, um einen Sedimentaustrag zu induzieren.“ Daher kann in diesem Fall vom „Konzept der beitragenden Flächen“, gesprochen werden, welches „besagt, dass die Einträge von Phosphor und Sedimenten in die Gewässer nur aus einem begrenzten Anteil der landwirtschaftlichen Fläche stammen (sog. Hot Spot Flächen)“. „Im Theel-Ill-Einzugsgebiet insgesamt sind lediglich 11% der erosiv wirksamen Gesamtfläche für den Sedimenteintrag in die Fließgewässer verantwortlich“ [3]. Dies deckt sich weitestgehend mit den Beobachtungen, die mit Hilfe der online-Messdaten in der Messkampagne 2018/2019 gemacht werden konnten, dass nur ein geringer Anteil des Gesamt-Phosphor (vornehmlich in Form von Partikel gebundenem Phosphor) über die Erosion landwirtschaftlich genutzter Flächen in das Gewässer eingetragen wird.

Eine weitere Untersuchung, welche im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz des Saarlandes von Februar 2014 bis August 2014 durchgeführt wurde, beschäftigte sich mit der „Identifikation möglicher Eintragsquellen und -arten durch die Untersuchung von Indikatorsubstanzen, um weitere zielführende Maßnahmen im Sinne des Gewässerschutzes einleiten zu können“ (Kuch et al., 2014; [11]). Dabei erfolgte eine Fokussierung auf ausgewählte organische Mikroverunreinigungen, die geeignete Indikatoren für ein spezifisches Eintrags- und Transportverhalten darstellen und damit eine Charakterisierung/Zuordnung von Quellen (z.B. Mischwasserentlastung, Oberflächenabflüsse, gereinigtes kommunales Abwasser) erlauben.“ Dies erfolgte anhand von ausgewählten Pharmazeutischen Wirkstoffen, Personal Care Produkten, Industriechemikalien, Urbanpestiziden, Lebensmittelinhaltsstoffen und Kalium sowie sehr vereinzelt von Phosphor- und Stickstoffspezies⁴¹.

Folgende Erkenntnisse wurden im Rahmen dieser Studie gewonnen [11]:

„Die Emissionen der Landwirtschaft konnten in dieser Studie (jedoch) gar nicht abgebildet werden“.

„In den Gewässerproben oberhalb der ersten Kläranlagen im Einzugsgebiet und in den Proben der Nebenflüsse, die nicht als Vorfluter dienen, konnten für ungereinigtes kommunales Abwasser typische organische Mikroverunreinigungen nachgewiesen werden. Das vermehrte Auftreten von Indikatorsubstanzen wie Coffein oder TAED weist auf den Eintrag ungereinigter Abwässer hin (z.B. Entlastungsbauwerke, Fehlanschlüsse).“

„Im Untersuchungszeitraum der Studie wurden zahlreiche starke Regenfälle aufgezeichnet, verbunden mit dem Anspringen der Entlastungsbauwerke und teilweiser völliger Auslastung der hier beschriebenen Kläranlagen. Diese häufigen Ereignisse führen zu einer starken Belastung der Biozönose, was eine Regeneration der Biozönose negativ beeinflussen kann. Auf Basis dieser Studie können mittelfristig Maßnahmen ergriffen werden, diese Überlastungen zu verringern.“

Auch diese Erkenntnisse decken sich weitestgehend mit denen der vorliegenden Untersuchung, vor allem im Hinblick auf die Einträge aus Entlastungsbauwerken, denn mit Hilfe der online-Daten wurden ebenfalls häufig derartige Einträge dokumentiert. Im Gegensatz zu manuellen Beprobungen lässt sich durch online-Messungen hingegen die Gesamtheit derartiger Ereignisse sowie deren Auswirkungen auf z.B. den Sauerstoff-Haushalt nachweisen.

⁴¹ Zwar wurden auch die Frachten Gesamtstickstoff, Ammonium, Nitrat, Gesamt-Phosphor und Phosphat geschätzt, allerdings kann dies aufgrund der geringen Datendichte von vier je Messwerten nicht zu aussagekräftigen Ergebnissen führen, so dass diese Frachten nicht mit denen der vorliegenden Untersuchung verglichen werden können.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Bericht wurden die Ergebnisse vorgestellt, welche mit Hilfe der Messungen dreier mobiler online-Gewässergüte-Messstationen am Alsbach in *Marpingen*, an der Ill in *Eppelborn* und am Gebietsauslass des Einzugsgebiet der Theel an der *Knorscheider Mühle* über ein bis anderthalb Jahre erhoben wurden. Anhand der Muster der Konzentrationsveränderungen konnten die Ursachen der Belastungen sowie die Eintragspfade identifiziert und durch die eingehende Betrachtung der Frachten quantifiziert werden.

Während der Messkampagne 2018/2019 extreme Wetterbedingungen vorherrschten und der Abfluss in beiden Flüssen viel geringer war als im langjährigen Durchschnitt. Trotz des dadurch fehlenden Verdünnungseffektes im Gewässer ist die mittleren Konzentrationen von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat an beiden Standorten sehr viel geringer als in den vorangegangenen Messkampagnen. Dennoch liegen die Gehalte von ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor noch immer fast dauerhaft über den Anforderungen der OGV. In den letzten Jahren wurden verschiedene Optimierungen der Betriebsabläufe auf den Kläranlagen vorgenommen, wodurch die Emissionen an Gesamt-Phosphor in die Ill um 55% und in die Theel um 41% verringert werden konnten. Dies spiegelt sich fast im Verhältnis 1:1 im Gewässer wider: Der Vergleich der Frachten zeigt, dass seit 2010/2011 die Belastung an Gesamt-Phosphor an der Ill um 50% und an der Theel um fast 30% reduziert werden konnte.

So kann für die aktuelle Situation an der Theel im Hinblick auf Gesamt-Phosphor eine Verteilung von 37% (Ill: 20%) aus Kläranlagen, 38% (Ill: 45%) aus der Mischwasserentlastung und 25% (Ill: 35%) aus landwirtschaftlichen Flächen angenommen werden. Letzteres korrespondiert recht genau mit dem Anteil von Partikel gebundenem Phosphor, welcher über die Erosion landwirtschaftlicher Flächen in das Gewässer eingetragen wird, am Gesamt-Phosphor (etwa 25-30%). Die tatsächlichen Mengen, die für 2018/2019 den Einträgen über Mischwasserentlastung zugeordnet werden konnten, sind in Ill und Theel im Vergleich zu den Mengen von 2010/2011 fast identisch, für Einträge aus der Landwirtschaft nur wenig größer.

Die Nitrat-Fracht weist von 2010/2011 zu 2018/2019 in der Ill einen Rückgang von etwa 25% auf, wohingegen an der Theel eine deutliche Zunahme zu verzeichnen ist. In beiden Gewässern stagniert der Einfluss der Mischwasserentlastung an den Gesamt-Stickstoff-Frachten, hingegen ist der Anteil der Kläranlagen-Emissionen geringer. Lediglich für die Landwirtschaft wurde in beiden Gewässern eine starke Zunahme des prozentualen Anteils der Nitrat-Frachten ermittelt. Grund hierfür ist die Verschiebung der Frachten aus der Kategorie Grundwasser, die 2010/2011 mit 15% in der Theel und mit 23% in der Ill zu Buche schlug, in die Kategorie Landwirtschaft im Jahr 2018/2019, in welchem keine Einträge von Gesamt-Stickstoff über Grundwasser festgestellt werden konnte. Die Trendanalyse der Daten der Grundwasserbeprobung (2006 bis 2019) ergab für immerhin 3 der 6 Messstellen im unteren Einzugsgebiet der Theel einen rückläufigen Nitrat-Trend.

Aus dem Teil-Einzugsgebiet der Ill, welches ca. 60% des gesamten Einzugsgebiet ausmacht, gelangt fast die Hälfte der Nitrat-Fracht sowie 70% der Gesamt-Phosphor-Fracht in die Theel, die Belastung in beiden (Teil-)Einzugsgebieten korreliert ist also in etwa mit der Fläche.

Zusätzlich konnte auf Basis der Überwachungsdaten des LUA für den Betrachtungszeitraum 2006 bis 2019 sowohl an der Ill als auch an der Theel ein signifikant abnehmender Trend von Ammonium festgestellt werden. Auch dies ist vornehmlich auf eine Verbesserung der Abwasserreinigung im Einzugsgebiet zurück zu führen.

Analog zur Abnahme der Ammonium- und Phosphor-Belastungen lässt sich ein Rückgang der Eutrophierung sowie eine Verbesserung des Sauerstoff-Haushaltes an beiden Standorten feststellen. Einleitungen von Mischwasserentlastungen wirken sich nicht mehr so gravierend auf den Sauerstoff-Haushalt aus, so dass die Sauerstoff-Minima während der Messkampagne 2018/2019 deutlich über denen der anderen Messzeiträume liegen.

Überschreitungen der Grenzwerte für Ammonium und TOC und Unterschreitungen der Sauerstoff-Grenzwerte kamen 2018/2019 an beiden Standorten seltener vor als im Vergleich mit den vorangegangenen Messzeiträumen. Die Phosphor-Konzentrationen überschritten die Grenzwerte zwar öfter, dies ist jedoch wiederum auf die fehlende Verdünnung im Gewässer auf Grund der geringeren Abflüsse während der Messkampagne 2018/2019 zurück zu führen.

Wie oben beschrieben gelangt ein großer Anteil der Belastungen nach wie vor über die Ill in die Theel. Weitere Maßnahmen zu Verbesserung der Gewässerqualität der Ill werden sich also auch unmittelbar positiv auf die Gewässergüte der Theel auswirken.

Nach wie vor ist die Belastungssituation im Einzugsgebiet Theel-Ill vielschichtig. Trotz eines relativ geringen Anteils an der Gesamt-Belastung stellen die Mischwasserentlastungen hier wie vielerorts eine große Gefährdung der Gewässerqualität und der Gewässerökosysteme dar. An Alsbach, Ill und Theel wurden in den verschiedenen Messzeiträumen pro Jahr jeweils 30 bis 35 solcher Entlastungsereignisse aufgezeichnet. Selbst in den größeren Gewässern wie der Theel führen derartige Einträge zu einem sehr starken, sprunghaften Anstieg der Nährstoffkonzentrationen und verursachen – noch immer - langanhaltende Phasen von Sauerstoff-Defiziten. Besonders im Hinblick auf den Klimawandel, welcher das Auftreten von Starkregenereignissen sowie Niedrigwasserstände begünstigen wird, ist die Behandlung von Mischwasser zu optimieren. Zudem besteht auch im Bereich Landwirtschaft und Kläranlagen Optimierungsbedarf

7. Literatur

- [1] KLEIN, C.; MEYER A.; BECK H.P. (2008): Online-Überwachung von „at risk“-Gewässern im Saarland - Ergebnisse Theel Juli 2006 bis September 2007; Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 2008.
- [2] KLEIN, C.; MEYER A.; BECK H.P. (2011): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie im Einzugsgebiet von Theel und Ill mit Hilfe von online-Analytik; Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 2011.
- [3] KIEPURNING, A. (2018): Quantifizierung diffuser Fest- und Nährstoffeinträge aus Ackerflächen in Fließgewässersysteme - Eine Untersuchung am Beispiel des Theel-Ill-Einzugsgebietes, Saarland; Dissertation an der Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 2018.
- [4] MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ in Zusammenarbeit mit dem LANDESAMT FÜR UMWELT- UND ARBEITSSCHUTZ (2021): Hintergrundpapier – Aktualisierung der LAWA-Fließgewässertypen des Saarlandes zum 3. Bewirtschaftungsplan 2021 – 2027 zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) im Saarland – HP 03-2019 (02/2021).
- [5] LANDESAMT FÜR UMWELT- UND ARBEITSSCHUTZ (2020): Aktualisierung der Fischregionen für den 3. Bewirtschaftungsplan im Sinne der OGewV im Saarland; Berichtsnr.: 2.5 – 20202 - 04; Saarbrücken, 2020.
- [6] VERORDNUNG ZUM SCHUTZ DER OBERFLÄCHENGEWÄSSER - Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 373).
- [7] MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ & LANDESAMT FÜR UMWELT- UND ARBEITSSCHUTZ: Anhang VI - Methodenhandbuch für das Saarland - Anlage zum Bewirtschaftungsplan für das Saarland - Dezember 2020 - ENTWURF.- 3: 159 S. + 3 Anl., Saarbrücken, Dezember 2020.
- [8] MOATAR, F.; ABBOTT, B. W.; MINAUDO, C.; CURIE, F.; PINAY, G. (2017): Elemental properties, hydrology, and biology interact to shape concentration-discharge curves for carbon, nutrients, sediment, and major ions. *Water Resour. Res.* 2017, 53; 1270 – 1287
- [9] WESTHORPE D.P. ET AL. (2012): Diel variation of dissolved organic carbon during large flow events in a lowland river; *Limnologia* 42 (2012) 220– 226.
- [10] SCHMITT, T. G.; KNERR, H.; ZHOU, J.; GRETZSCHEL, O. (2018): „Erarbeitung einer Handlungsanleitung zur Ermittlung der Herkunft von Nährstoffbelastungen im Einzugsgebiet von Ill und Theel“. Studie im Auftrag des Zweckverbandes Natura Ill-Theel. Deutschland. Schlussbericht 2018.
- [11] KUCH, B.; LANGE, C.; WEINS, C. (2014): Untersuchung von ausgewählten Mikroverunreinigungen und konventionellen Parametern im Einzugsgebiet Theel/Ill, Abschlussbericht. Stuttgart/Saarbrücken, 2014.

8. Anhang

Tabelle 8-1: Messparameter, Messbereiche und -methoden in den Messstationen

Parameter	Messbereich	Messprinzip
Sauerstoff gelöst (O ₂)	0 – 20 mg/l	optisch (Lumineszenz) Bezugstemperatur: 25°C
pH-Wert	2 – 14	elektrochemisch Bezugstemperatur: 25°C
Wassertemperatur	0 – 50 °C	
Leitfähigkeit	0 – 4000 µS/cm	elektrochemisch/konduktometrisch Bezugstemperatur 25°C
Trübung	0 – 100 FNU	nephelometrisch
Nitrat (NO ₃ -N bzw. NO _x -N)	0,1 – 100 mg/l	direkte Absorption (UV-Bereich)
Ammonium (NH ₄ -N)	0,02 – 2 mg/l	photometrisch (Indophenolblau- Verfahren bei 655 nm)
Gesamt-Phosphor (P _{ges}) und ortho-Phosphat (PO ₄ -P)	0,02 – 5 mg/l 0,02 – 5 mg/l	photometrisch (Molybdänblau- Verfahren bei 880 nm)
Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC)	0,1 – 100 mg/l	Austreibmethode (Messung von CO ₂ mittels IR-Detektion)
Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC) und Gesamter anorganischer Kohlenstoff (TIC) (nur in <i>Marpingen</i>)	0,1 – 100 mg/l 0,1 – 100 mg/l	Differenzmethode (Messung von CO ₂ mittels IR-Detektion)



Abb. 8-1: Messstation am Alsbach in *Marpingen*



Abb. 8-2: Messstation an der Ill in *Eppelborn*



Abb. 8-3: Messstation an der Theel an der *Knorscheider Mühle*

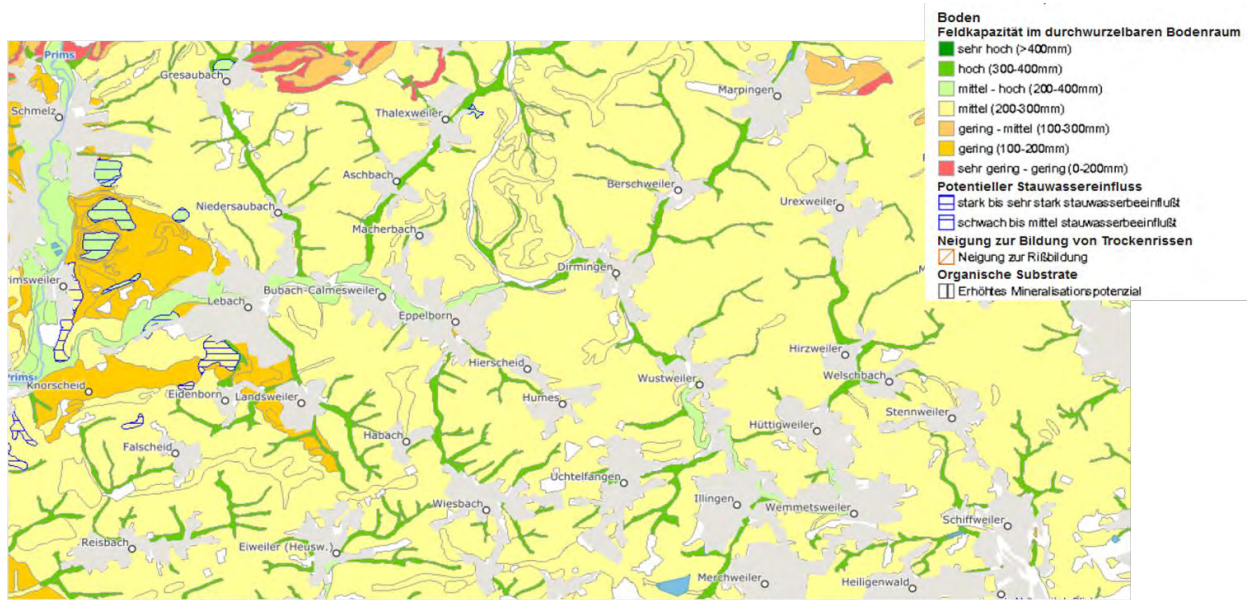
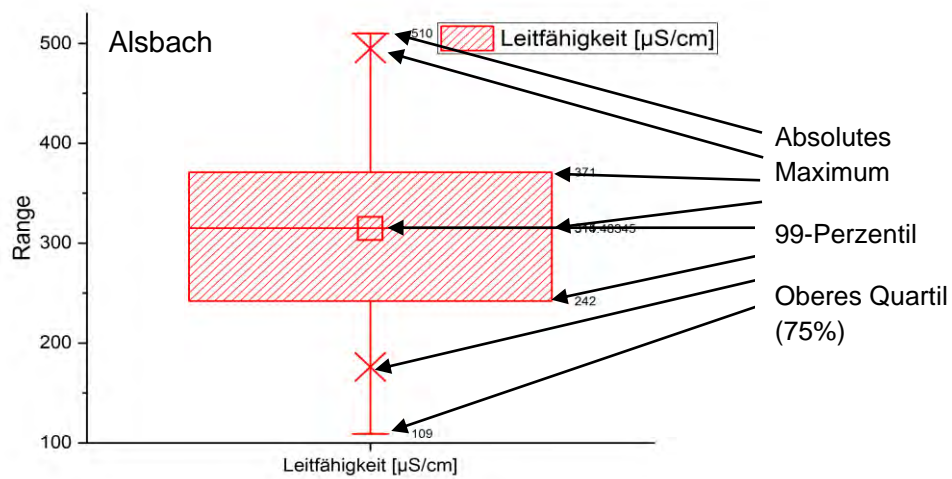


Abb. 8-4: Nitratrückhaltevermögen im Einzugsgebiet Theel-III (Quelle: Geoportal Saarland, Maßstab ca. 1 : 57.000)



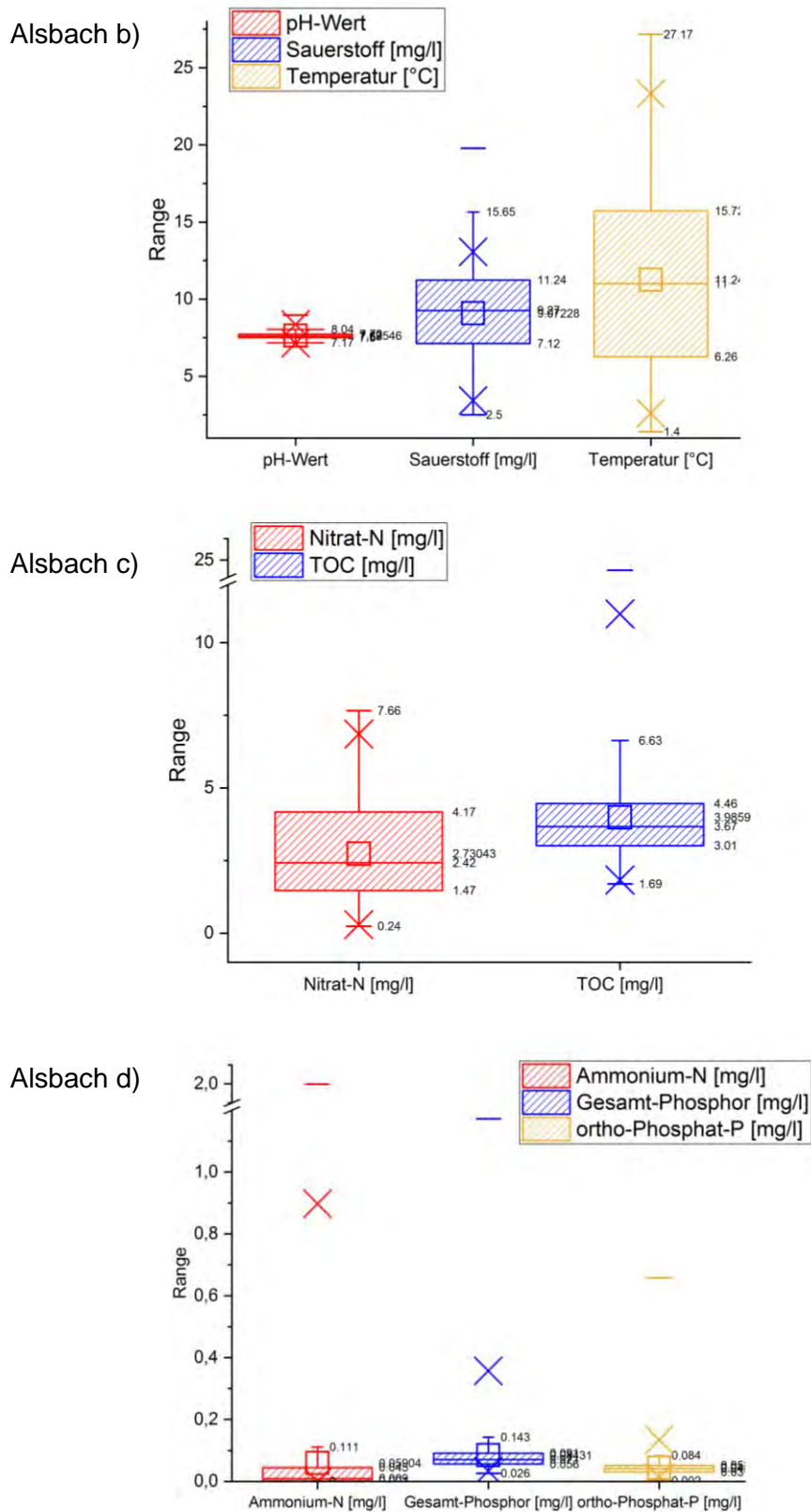
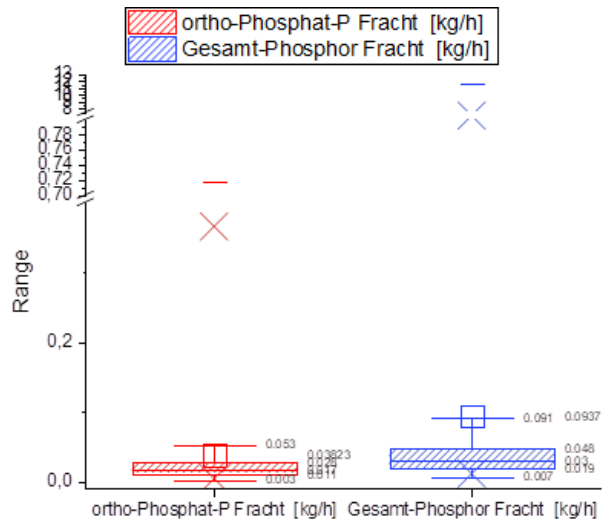
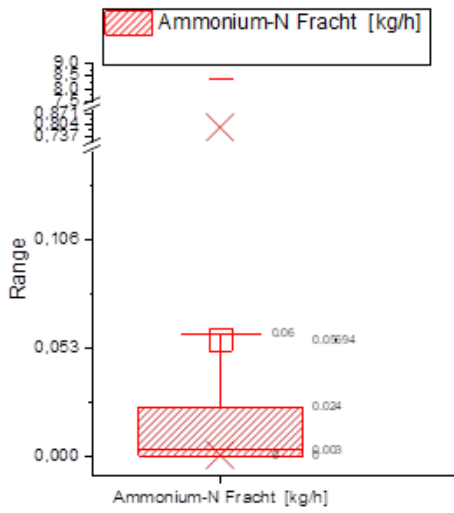


Abb. 8-5: Box-whisker-plots der Stundenmittelwerte des Alsbaches in *Marpingen* vom 5. April 2018 bis 19. März 2019: a: Leitfähigkeit; b: pH-Wert, Sauerstoff, Temperatur; Nitrat, TOC; Ammonium, ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor

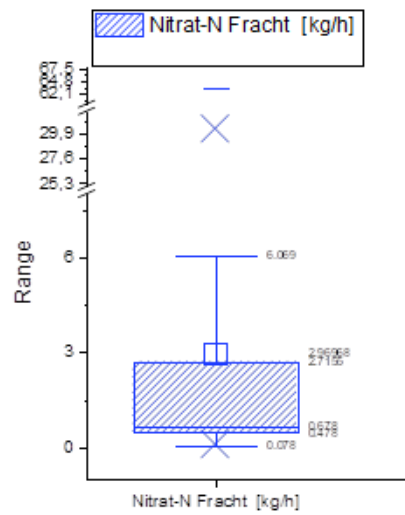
Alsbach Frachten a)



Alsbach Frachten b)



Alsbach Frachten c)



Alsbach Frachten d)

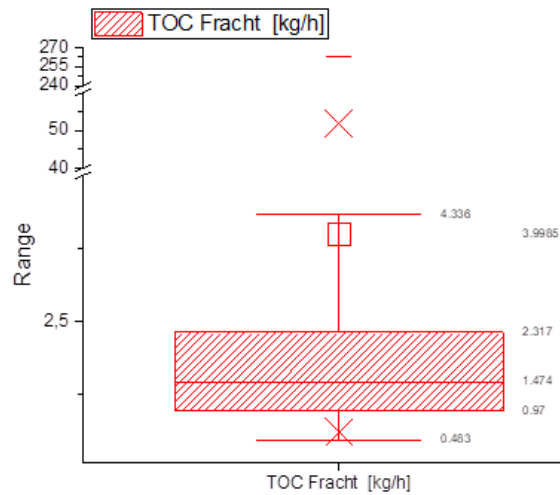


Abb. 8-6: Box-whisker-plots der Frachten des Alsbaches in *Marpingen* vom 5. April 2018 bis 19. März 2019: a: ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor; b: Ammonium; c: Nitrat; d: TOC

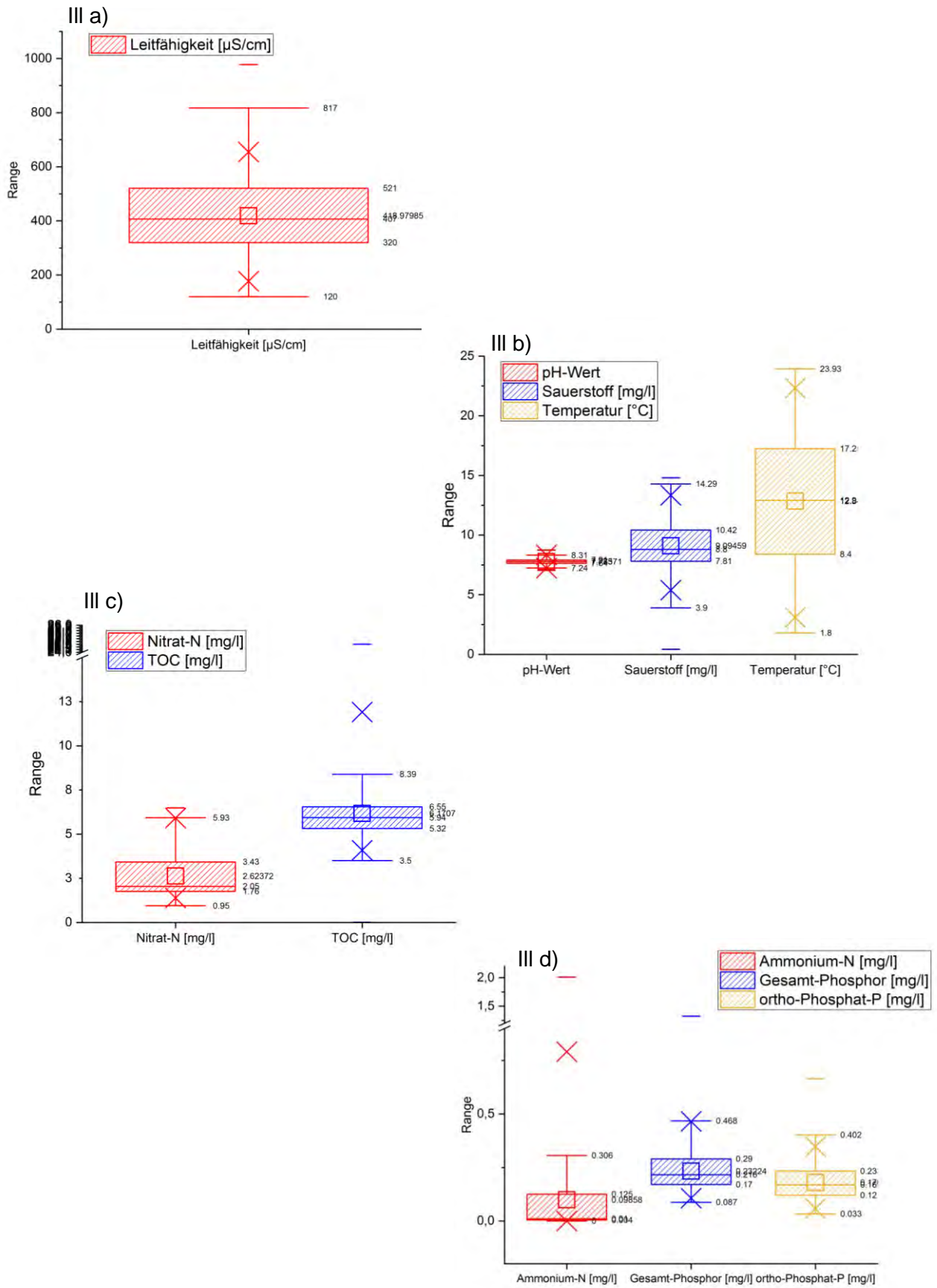
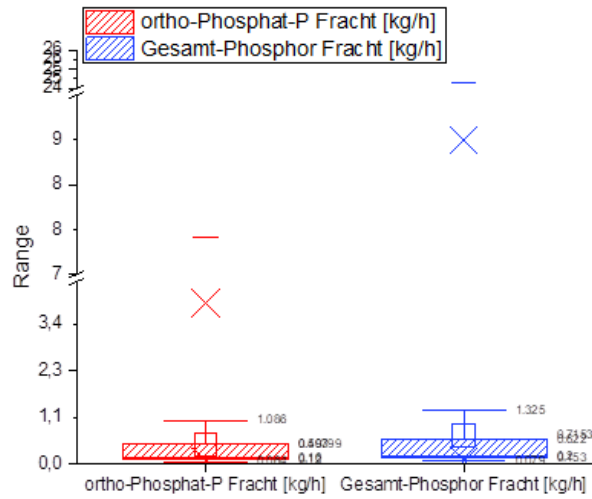
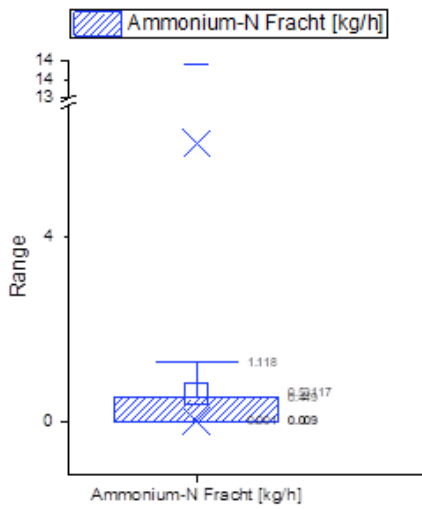


Abb. 8-7: Box-whisker-plots der Stundenmittelwerte der Ill in *Eppelborn* vom 1. Juli 2018 bis 30. Oktober 2019: a: Leitfähigkeit; b: pH-Wert, Sauerstoff, Temperatur; Nitrat, TOC; Ammonium, ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor

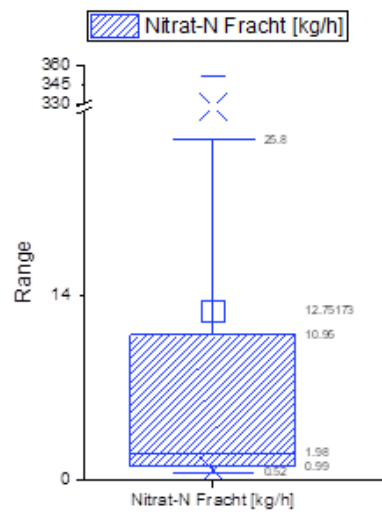
III Frachten a)



III Frachten b)



III Frachten c)



III Frachten d)

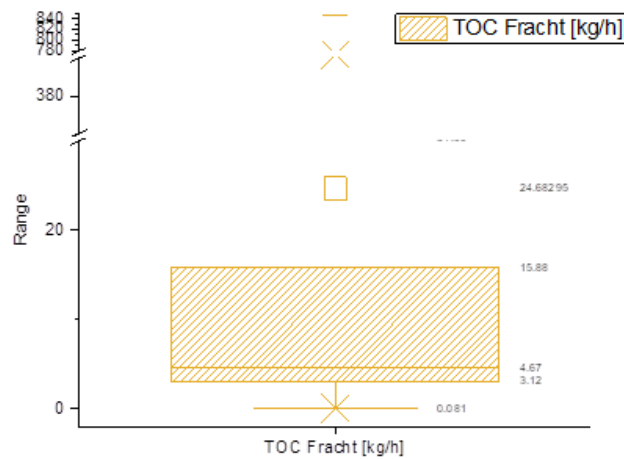


Abb. 8-8: Box-whisker-plots der Stundenmittelwerte der Frachten der III in *Eppelborn* vom 1. Juli 2018 bis 30. Oktober 2019: a: ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor; b: Ammonium; c: Nitrat; d: TOC

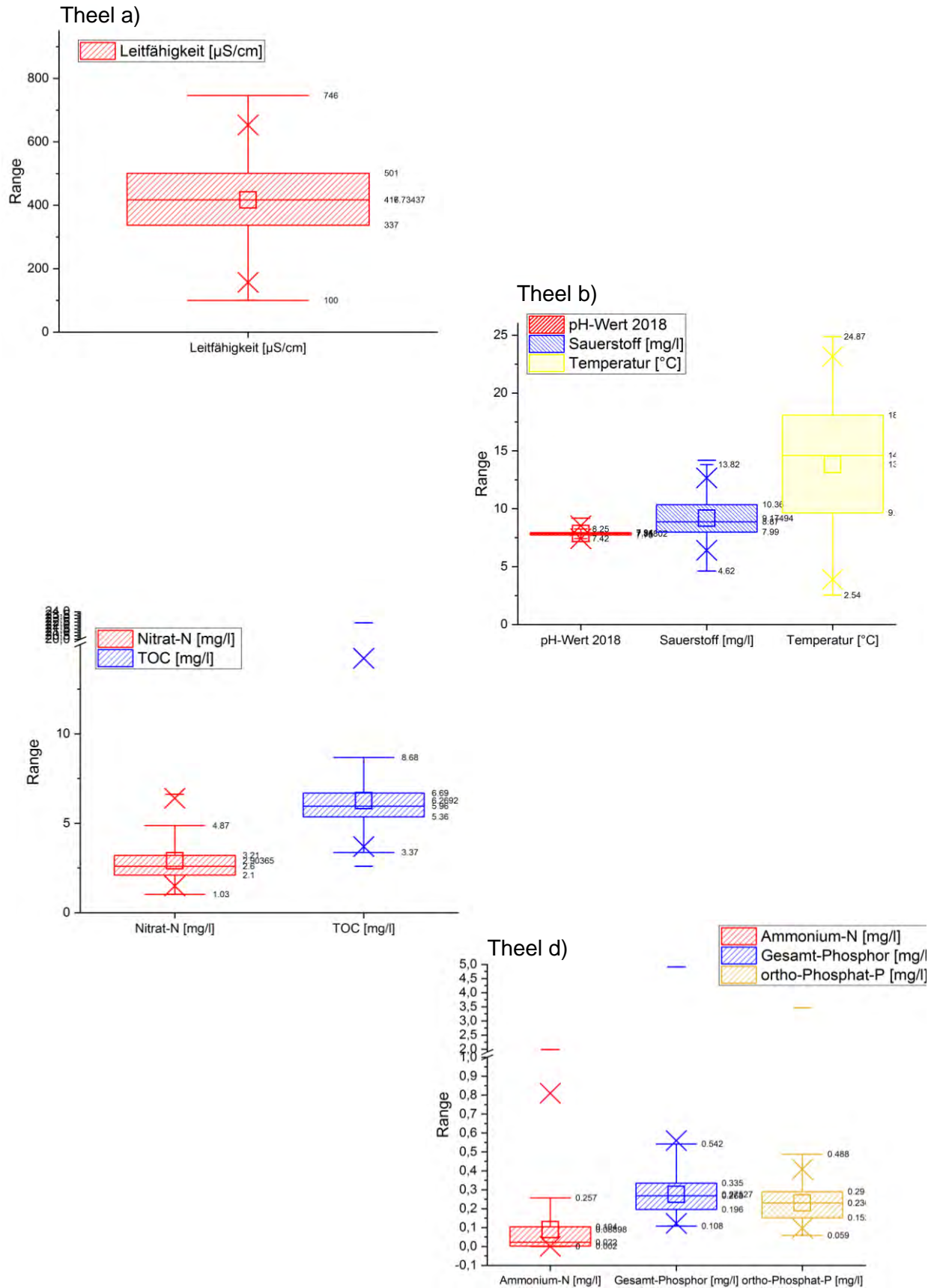
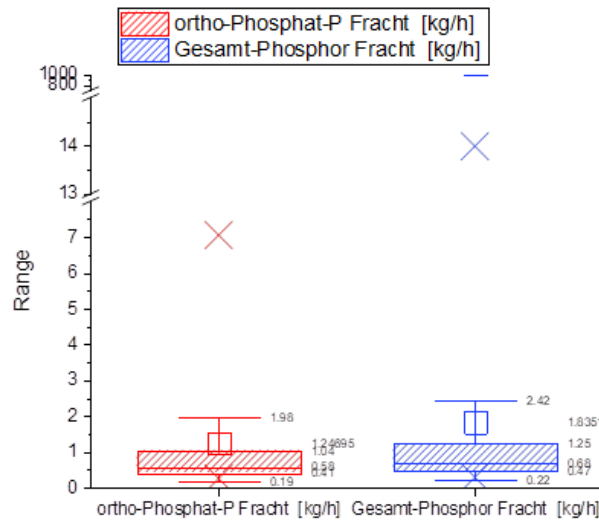
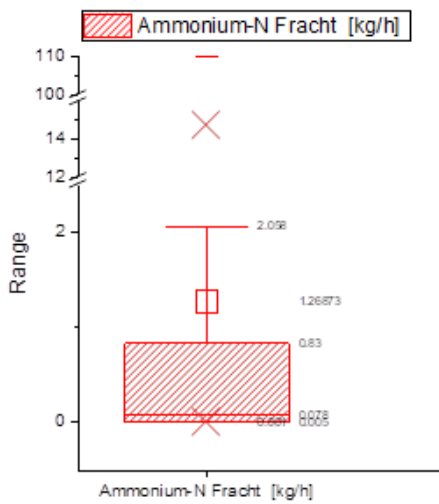


Abb. 8-9: Box-whisker-plots der Stundenmittelwerte der Theel in *Knorscheider Mühle* vom 9. April 2018 bis 8. Oktober 2019: a: Leitfähigkeit; b: pH-Wert, Sauerstoff, Temperatur; Nitrat, TOC; Ammonium, ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor

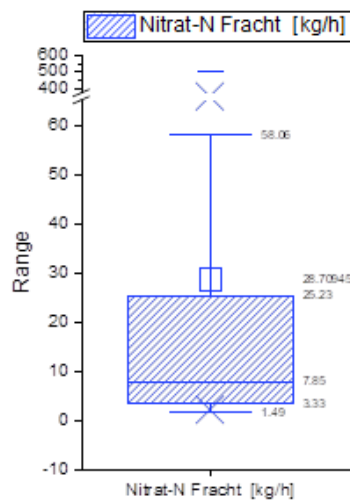
Theel Frachten a)



Theel Frachten b)



Theel Frachten c)



Theel Frachten d)

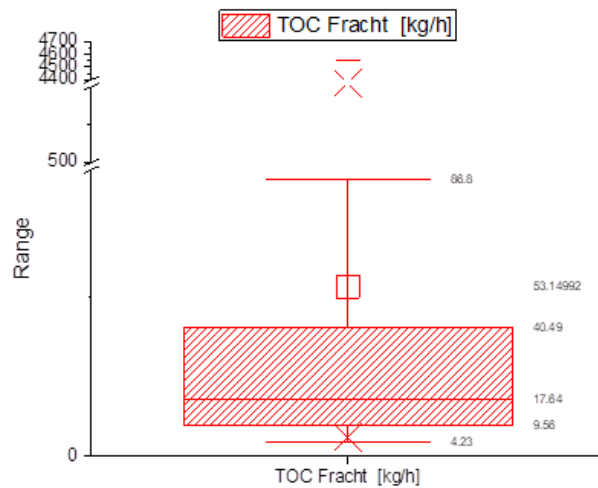


Abb. 8-10: Box-whisker-plots der Stundenmittelwerte der Frachten der Theel in *Knorscheider Mühle* vom 9. April 2018 bis 8. Oktober 2019: a: ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor; b: Ammonium; c: Nitrat; d: TOC

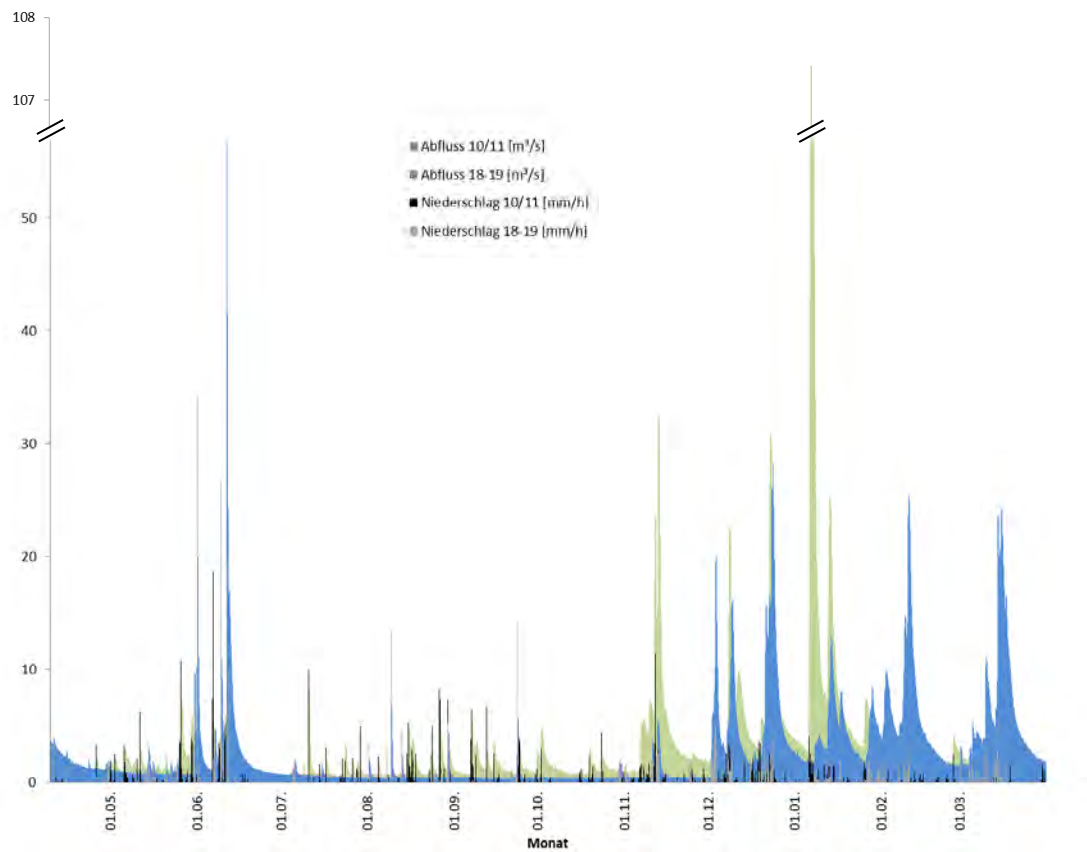


Abb. 8-11: Vergleich des Abflusses (Pegel Lebach zuzgl. Ablauf der Kläranlage Lebach) und Niederschläge (Wetterstation *Lebach*) vom 9. April bis 31. März 2010/2011 und 2018/2019

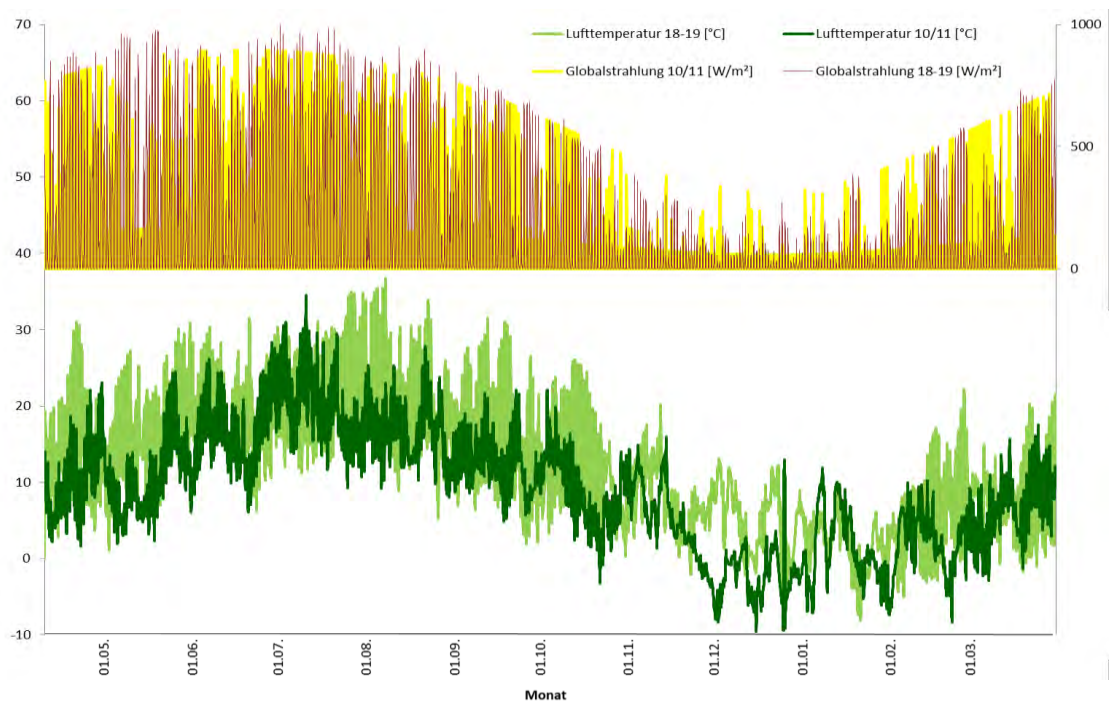


Abb. 8-12: Vergleich der Lufttemperaturen und der Globalstrahlung (Wetterstation *Lebach*) vom 9. April bis 31. März 2010/2011 und 2018/2019

Tabelle 8-2: Vergleich der Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Frachten sowie Gesamtfrachten der Nährstoffe (Messstation *Eppelborn*) der Messkampagne 2010/2011 sowie des Datensatzes 1 (01. Juli 2018 bis 30. Juni 2019) und des Datensatzes 2 (01. Juli 2019 bis 30. Oktober 2019 und 31. Oktober 2018 bis 30. Juni 2019)

Frachten	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P _{ges}	PO ₄ -P	Partikel geb. P	TOC
Mittelwert 2010/2011 [kg/h]	0,764	20,9	1,57	1,23	0,336	35,0
Median 2010/2011 [kg/h]	0,224	10,2	1,05	0,918	0,127	17,6
Minimum 2010/2011 [kg/h]	n.n.	2,22	0,515	0,311	0,204	5,18
Maximum 2010/2011 [kg/h]	16,3	220	23,2	10,5	12,7	675
Gesamtfracht 2010/2011 [t]	6,69	183	13,8	10,8	2,95	307
Mittelwert 2018/2019 DS1 [kg/h]	0,657	15,6	0,791	0,485	0,307	31,5
Median 2018/2019 DS1 [kg/h]	0,010	2,57	0,210	0,161	0,049	6,245
Minimum 2018/2019 DS1 [kg/h]	n.n.	0,525	0,079	0,064	0,015	0,008
Maximum 2018/2019 DS1 [kg/h]	13,9	352	24,2	7,41	16,8	847
Gesamtfracht 2018/2019 DS1 [t]	5,75	136	6,93	4,25	2,68	276
Mittelwert 2018/2019 DS2 [kg/h]	0,708	16,6	0,894	0,557	0,337	34,8
Median 2018/2019 DS2 [kg/h]	0,054	4,43	0,298	0,218	0,080	8,74
Minimum 2018/2019 DS2 [kg/h]	n.n.	0,672	0,079	0,064	0,015	0,008
Maximum 2018/2019 DS2 [kg/h]	13,9	352	24,3	7,41	16,8	847
Gesamtfracht 2018/2019 DS2 [t]	6,20	146	7,83	4,88	2,96	305

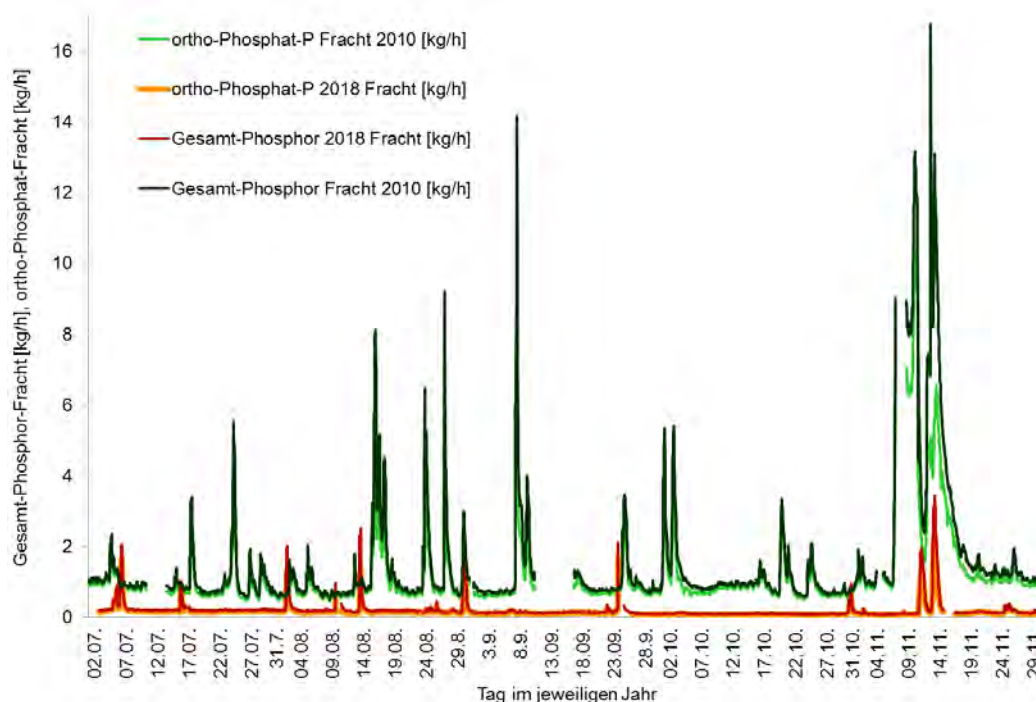


Abb. 8-13: Vergleich der Frachten von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat der Jahre 2010 und 2018 in der Ill in *Eppelborn* (jeweils 1. Juli bis 30. November)

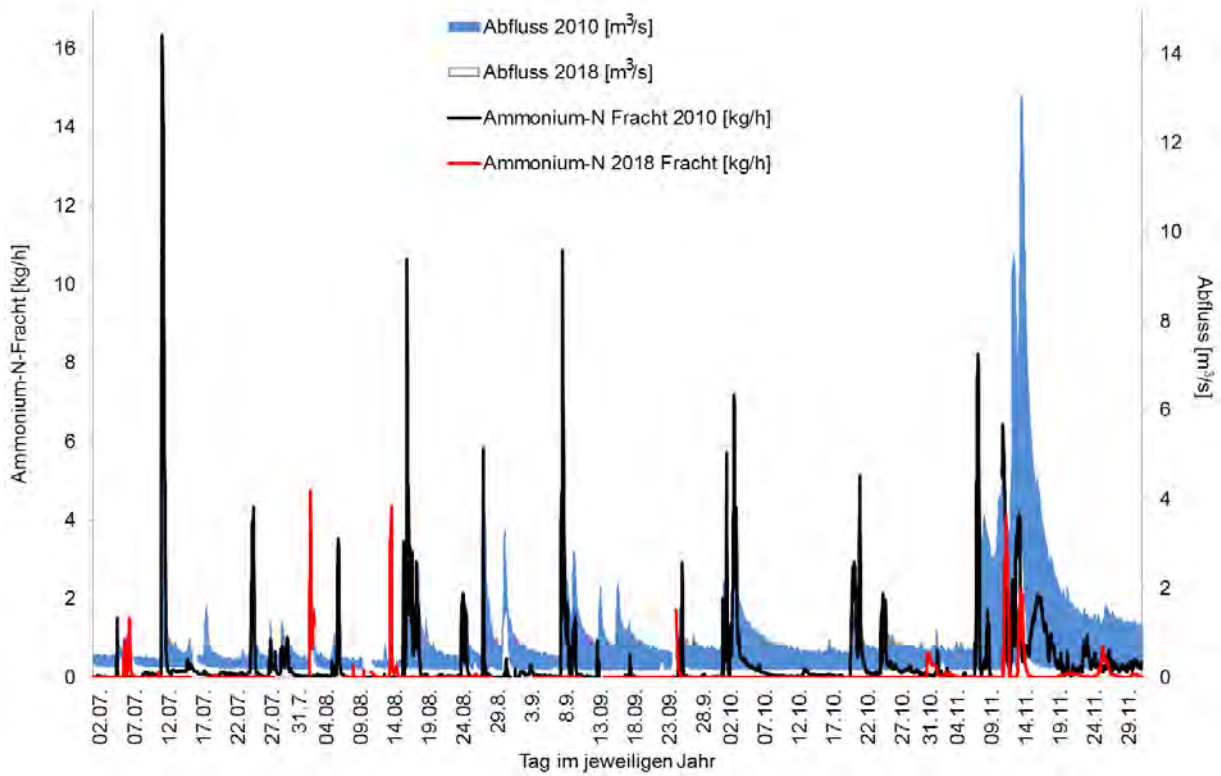


Abb. 8-14: Vergleich der Frachten von Nitrat der Jahre 2010 und 2018 in der Ill in *Eppelborn* (jeweils 1. Juli bis 30. November)

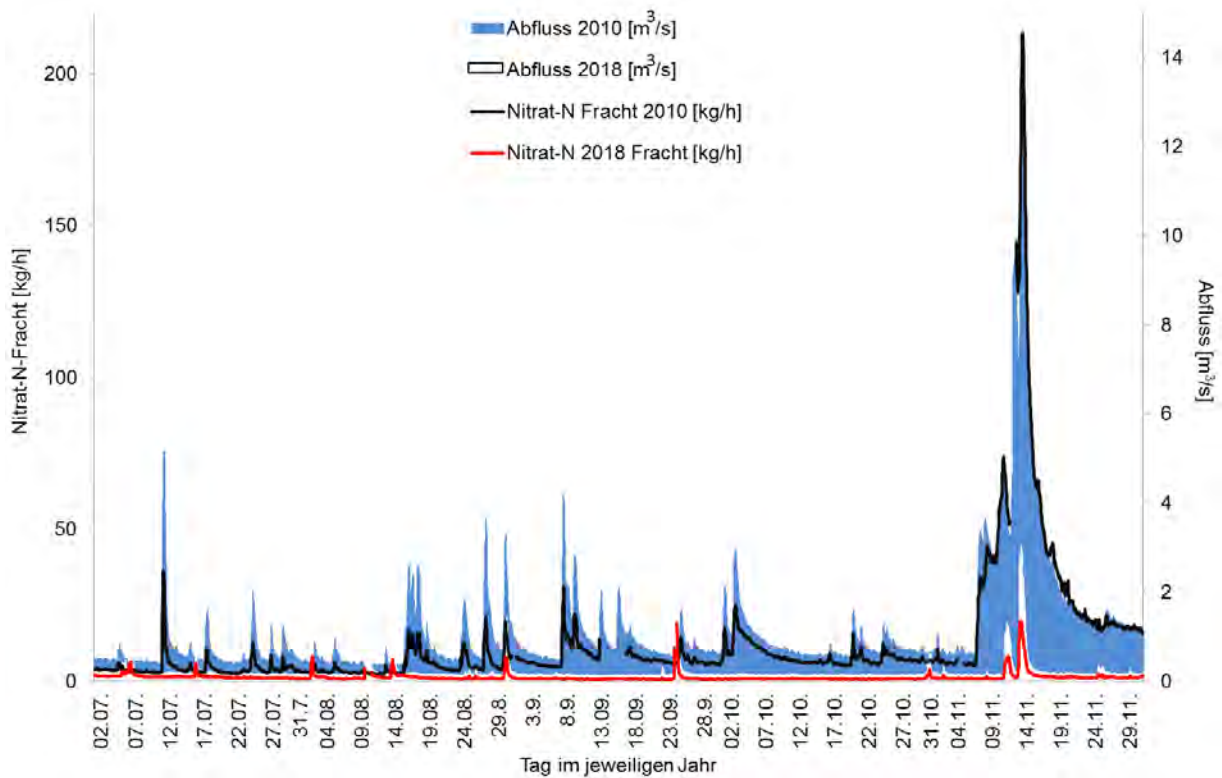


Abb. 8-15: Vergleich der Frachten von Ammonium der Jahre 2010 und 2018 in der Ill in *Eppelborn* (jeweils 1. Juli bis 30. November)

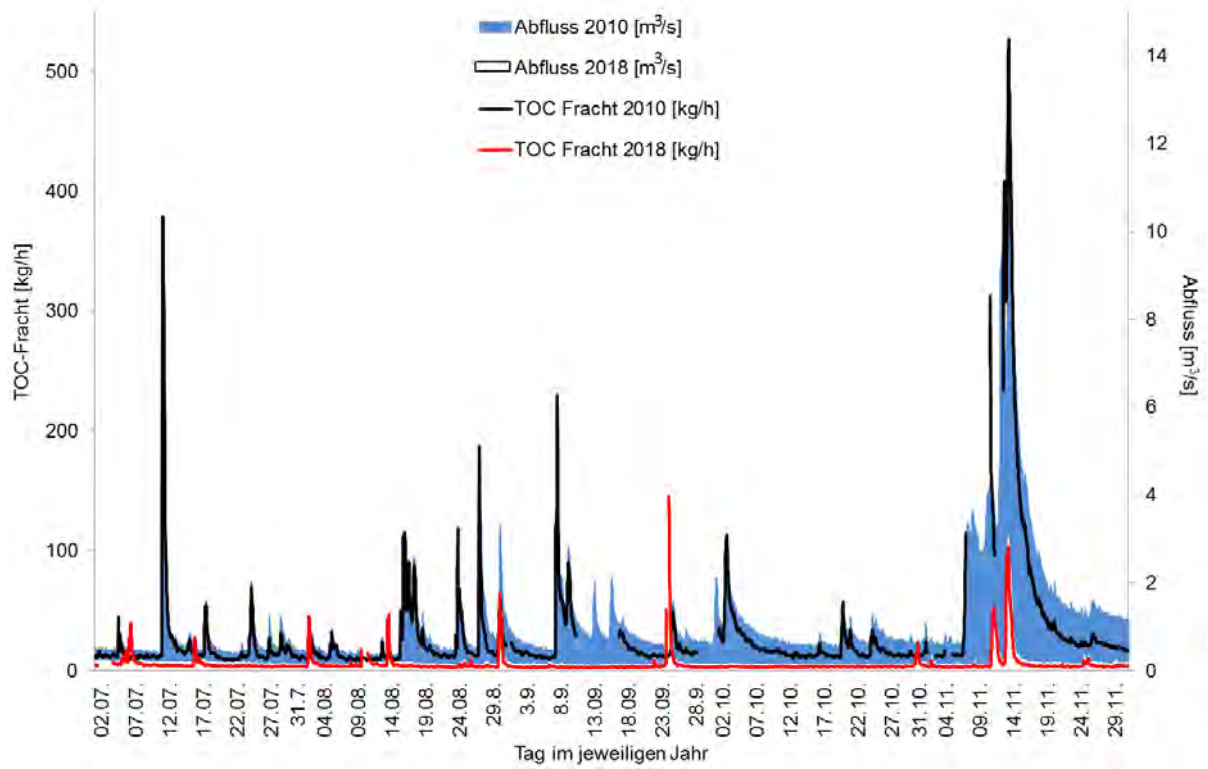


Abb. 8-16: Vergleich der Frachten von TOC der Jahre 2010 und 2018 in der Ill in *Eppelborn* (jeweils 1. Juli bis 30. November)

Tabelle 8-3: Ergebnisse des Tests auf Normalverteilung am Standort III in *Eppelborn* (Mediane der Daten der Stichprobenmessungen an der Landesmessstelle 1498 durch das LUA (2006 bis 2018))

III in Bubach-Calmesweiler	2006-2018	
	Normalverteilt	Trend
Leitfähigkeit	ja	nein
pH-Wert	nein	nein
Sauerstoff	ja	nein
Temperatur	ja	nein
Ammonium-N	nein	abnehmend
Nitrit-N	ja	nein
Nitrat-N	ja	nein
TNb	ja	nein
TOC	ja	nein
Gesamt-Phosphor	ja	nein
ortho-Phosphat-P	*	*
Aluminium	nein	nein
Arsen	ja	nein
Barium	ja	nein
Blei	nein	nein
Bor	ja	nein
Calcium	ja	nein
Chrom	ja	abnehmend
Eisen	ja	nein
Kalium	ja	nein
Kupfer	ja	nein
Magnesium	ja	nein
Mangan	ja	abnehmend
Natrium	ja	nein
Nickel	ja	abnehmend
Zink	ja	nein
Sulfat	ja	nein

(* Datendichte nicht ausreichend)

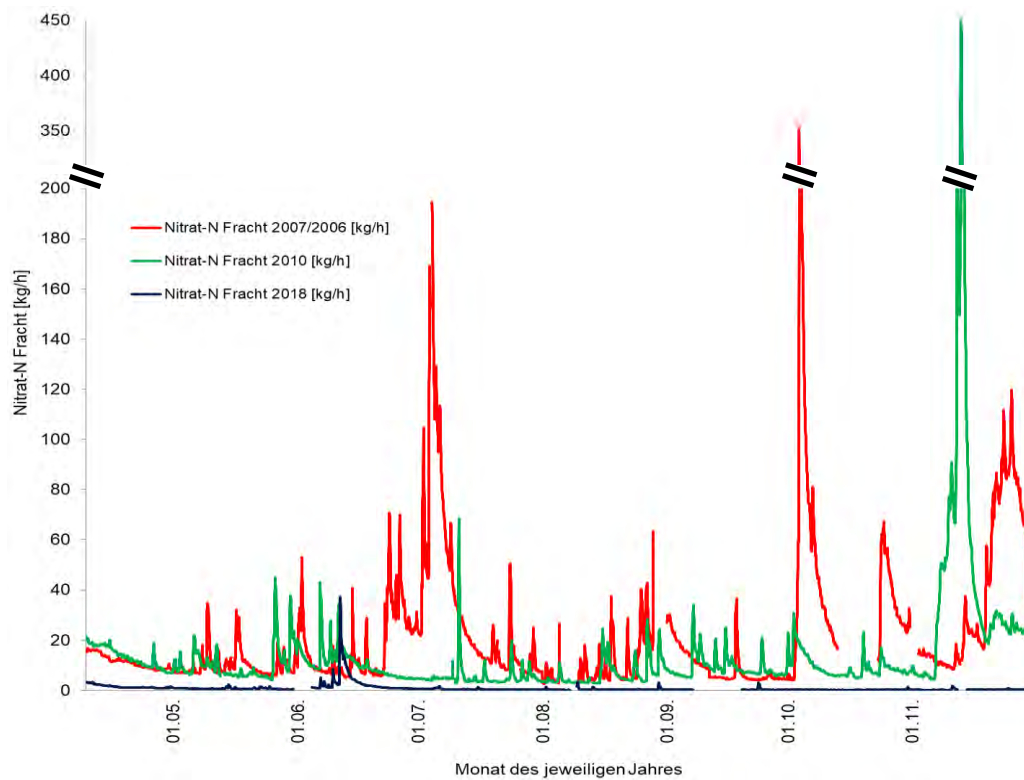


Abb. 8-17: Vergleich der Frachten von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat in der Theel an der *Knorscheider Mühle* vom 9. April bis 31. Juli 2007 und vom 1. August bis 30. November 2006 sowie vom 9. April bis 30. November 2010 und 2018

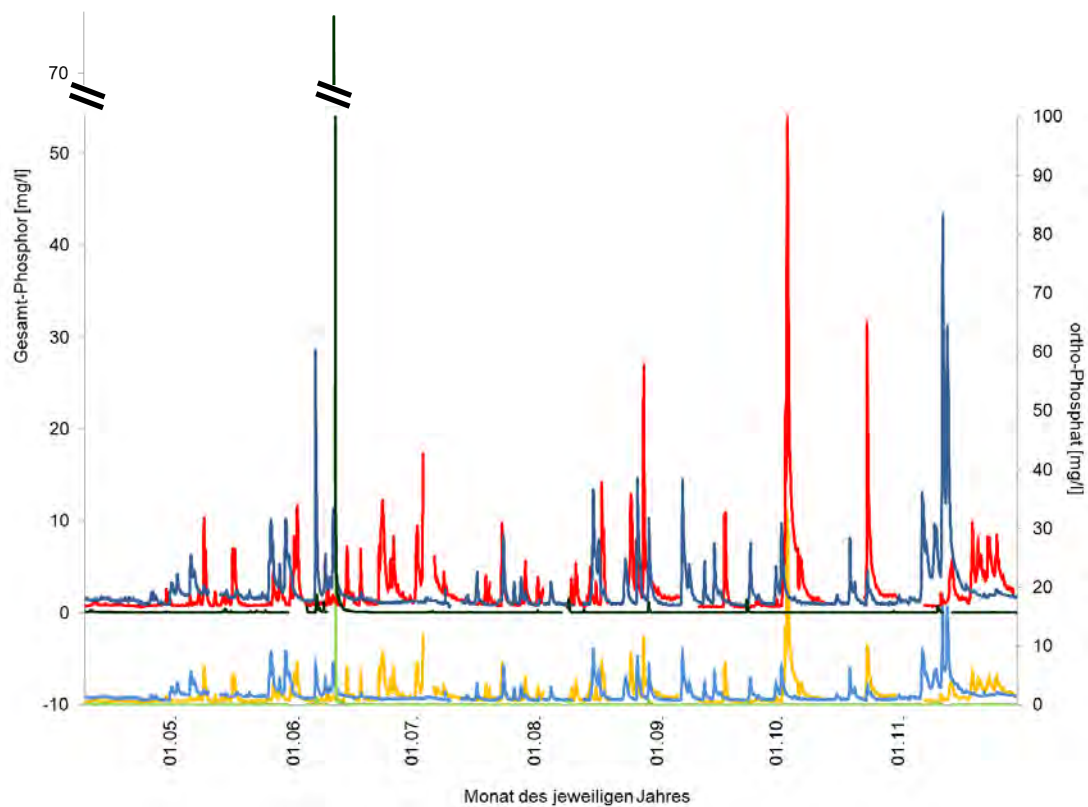


Abb. 8-18: Vergleich der Frachten von Nitrat in der Theel an der *Knorscheider Mühle* vom 9. April bis 31. Juli 2007 und vom 1. August bis 30. November 2006 sowie vom 9. April bis 30. November 2010 und 2018

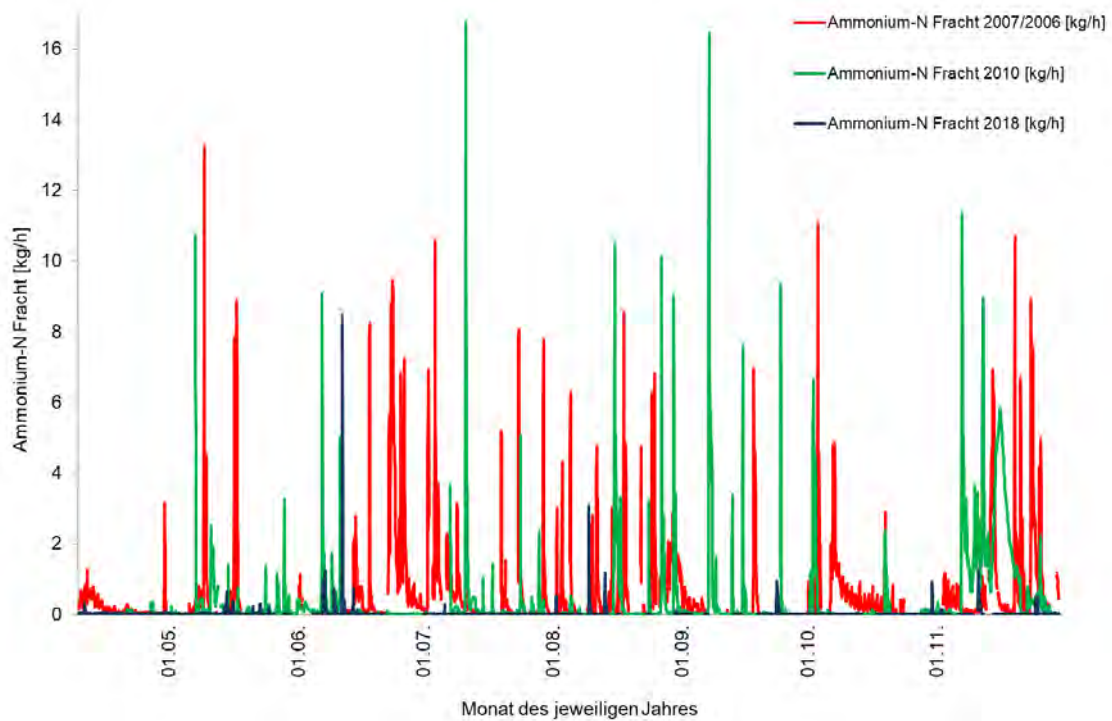


Abb. 8-19: Vergleich der Frachten von Ammonium in der Theel an der *Knorscheider Mühle* vom 9. April bis 31. Juli 2007 und vom 1. August bis 30. November 2006 sowie vom 9. April bis 30. November 2010 und 2018

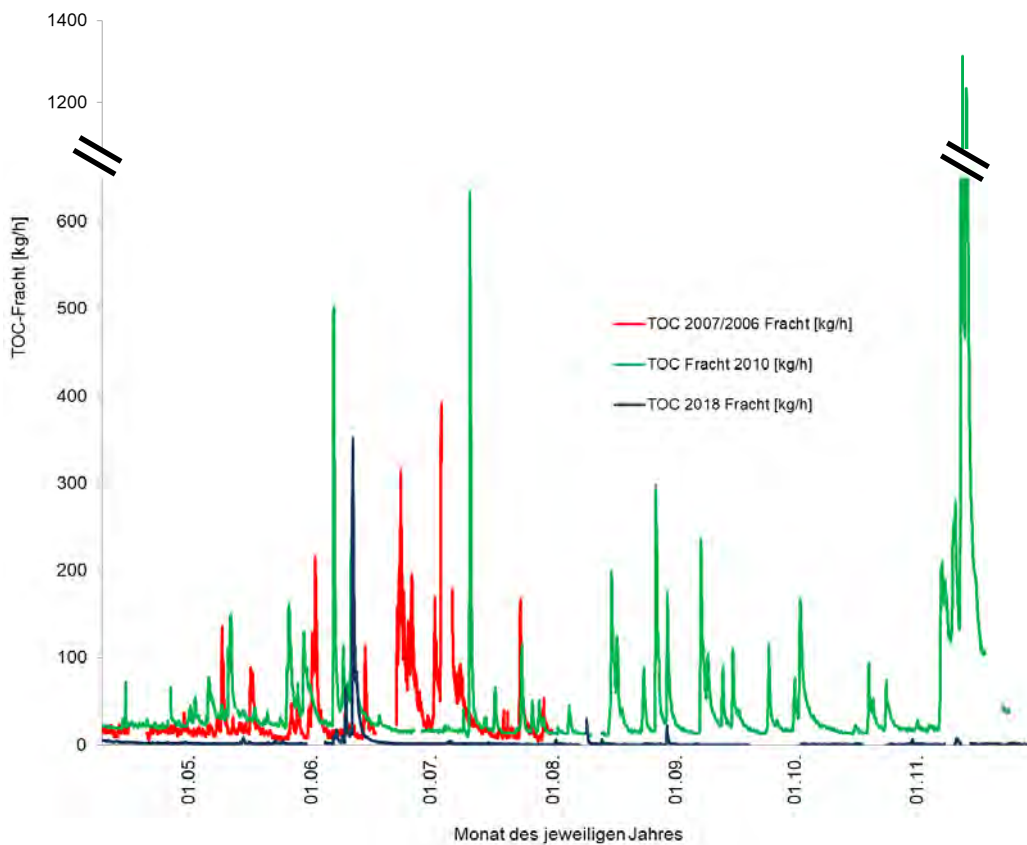


Abb. 8-20: Vergleich der Frachten von TOC in der Theel an der *Knorscheider Mühle* vom 9. April bis 31. Juli 2007 und vom 1. August bis 30. November 2006 sowie vom 9. April bis 30. November 2010 und 2018

Tabelle 8-4: Ergebnisse des Tests auf Normalverteilung am Standort Theel in *Knorscheid* (Mediane der Daten der Stichprobenmessungen an der Landesmessstelle 124 durch das LUA (2006 bis 2018))

Theel in Knorscheid	2006-2018	
	Normalverteil	Trend
Leitfähigkeit	ja	nein
pH-Wert	ja	nein
Sauerstoff	ja	nein
Temperatur	ja	nein
Ammonium-N	nein	abnehmend
Nitrit-N	ja	nein
Nitrat-N	nein	nein
TNb	nein	nein
TOC	ja	nein
Gesamt-Phosphor	ja	nein
ortho-Phosphat-P	ja	nein
Aluminium	nein	nein
Arsen	ja	nein
Barium	nein	nein
Blei	nein	nein
Bor	ja	nein
Calcium	ja	nein
Chrom	nein	abnehmend
Eisen	nein	abnehmend
Kalium	ja	nein
Kupfer	ja	nein
Magnesium	ja	nein
Mangan	ja	abnehmend
Natrium	ja	nein
Nickel	ja	abnehmend
Zink	nein	nein
Sulfat	ja	nein

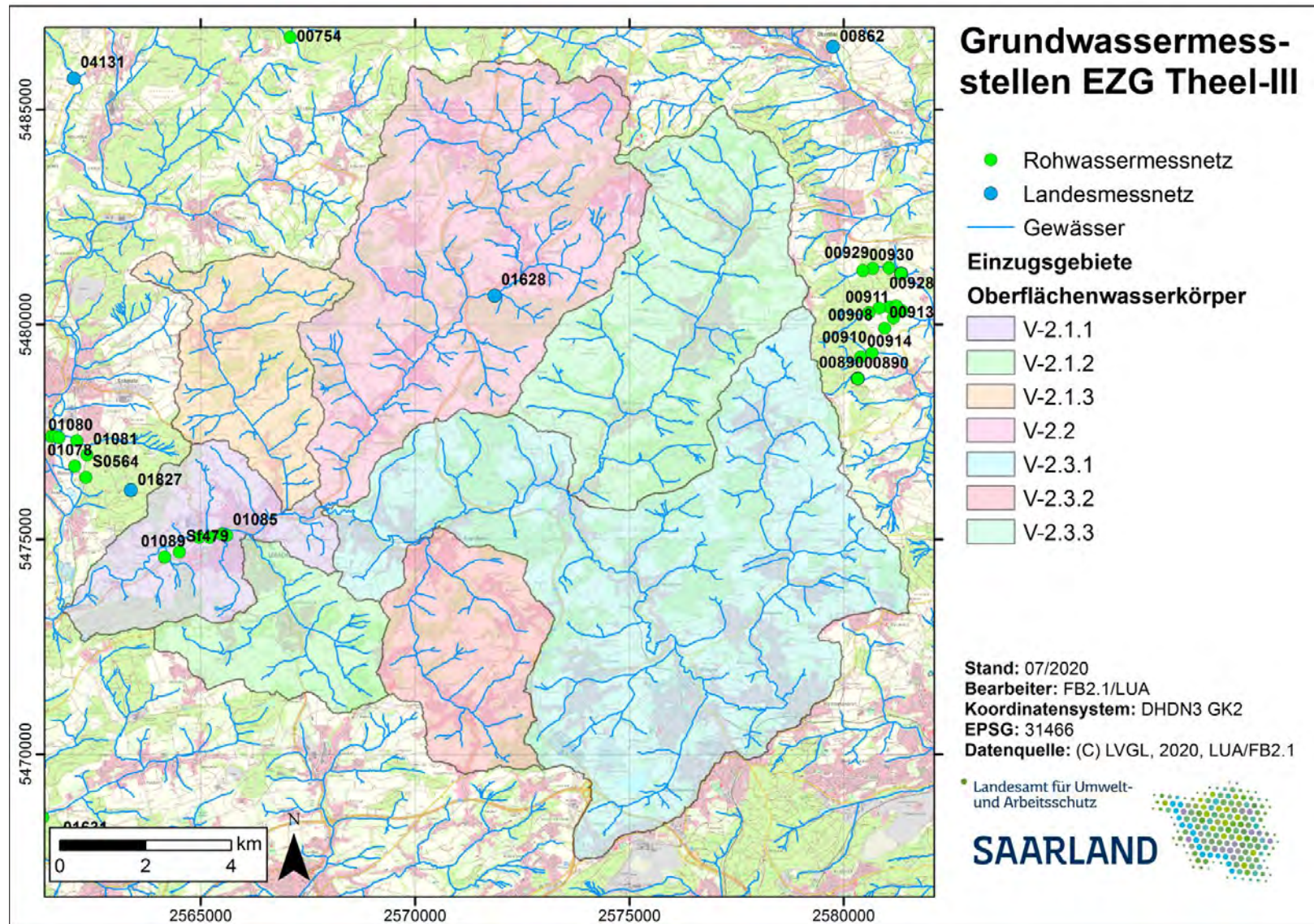


Abb. 8-21: Lage der Grundwasser-Messstellen im EG Theel-III (Quelle: LUA)