Überwachung von Fließgewässern im Saarland in einem online-Monitoring Programm

Bickenalb

Oktober 2017 bis Juni 2018

Dipl.-Geogr. Angelika Meyer, Dipl.-Ing. (FH) Elisabeth Fünfrocken,
Prof. Dr. Horst P. Beck, Prof. Dr. K. Hegetschweiler
Universität des Saarlandes
Institut für Anorganische und Analytische Chemie
Postfach 15 11 50
66041 Saarbrücken
Tel.: 0681-302-4230
www.gewässer-monitoring.de
Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz,
Referat E / 2 Wasser und Abwasser

INHALT

1. EINLEITUNG 9

2. GRUNDLAGEN 10

2.1 TECHNISCHE GRUNDLAGEN 10
2.2 UNTERSUCHUNGSRAUM UND STANDORTE 11

3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION 16

3.1 NÄHRSTOFFE 16
3.2 CHEMISCH-PHYSIKALISCHE MESSGRÖßEN 37
3.3 BEPROBUNG AN DEN KLEINEN KLÄRANLAGEN 46
3.4 ERGEBNISSE DER MANUELLEN BEPROBUNGEN DURCH DIE DEUTSCHE UND DIE FRANZÖSISCHE BEHÖRDE 50
3.5 TABELLARISCHE ÜBERSICHT DER KONZENTRATIONEN 56
3.6 FRACHTEN DER NÄHRSTOFFE 58

4. ZUSAMMENFASSUNG 62

5. LITERATUR 63

6. ANHANG 64

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN UND TABELLEN

Abbildung 1-1: Standorte der Messstationen (Quelle: MUV)

Abbildung 2.1-1: Schematische Darstellung einer mobilen Messstation

Abbildung 2.2-1: saarländischer Teil des Einzugsgebietes der Bickenalb mit Landnutzung, Einleitern und Messpunkten (Maßstab ca. 1: 38.000, Quelle: MUV)

Abbildung 2.2-2: Standort der Messstation an den Zollhäusern in *Peppenkum* an der französischen Grenze (Maßstab ca. 1:19.000; Quelle: Zora)

Abbildung 2.2-3: Standort der Messstation am *Bickenaschbacherhof* in *Hornbach* kurz unterhalb der Grenze zu Rheinland-Pfalz (Maßstab ca. 1:19.000; Quelle: Zora)

Abbildung 3.1-1: Konzentrationen an ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor sowie Wasserstand (Station *Peppenkum*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (8. Oktober bis 8. November 2017)

Abbildung 3.1-2: Korrelation von ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor (Station *Peppenkum* (8. Oktober bis 8. November 2017, 5-Minutenwerte)

Abbildung 3.1-3: Konzentrationen an ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor und partikelgebundenem Phosphor, Abfluss (Station *Peppenkum*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (19. November bis 3. Dezember 2017)

Abbildung 3.1-4: Korrelation von ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor (Station *Peppenkum)* (19. November bis 3. Dezember 2017, 5-Minutenwerte)

Abbildung 3.1-5: Konzentrationen von partikelgebundenem Phosphor und TOC (Station *Peppenkum*), Abfluss und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (19. November bis 3. Dezember 2017)

Abbildung 3.1-6: Korrelation von partikelgebundenem Phosphor und TOC (Station *Peppenkum)* (19. November bis 3. Dezember 2017, 5-Minutenwerte)

Abbildung 3.1-7: Konzentrationen von Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat, partikelgebundenem Phosphor und TOC, Trübung und Abfluss (Station *Bickenaschbacherhof*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (6. bis 13. November 2017)

Abbildung 3.1-8: Korrelation von TOC und partikelgebundenem Phosphor (oben) sowie Trübung und partikelgebundenem Phosphor (unten) (Station Bickenaschbacherhof) (5. bis 13. November 2017)

Abbildung 3.1-9: Vergleich der Gehalte an ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor (Stationen *Peppenkum* und *Bickenaschbacherhof*) (5. Dezember 2017 bis 15. Januar 2018)

Abbildung 3.1-10: Vergleich der Frachten von ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor (Stationen *Peppenkum* und *Bickenaschbacherhof*) (5. Dezember 2017 bis 15. Januar 2018)

Abbildung 3.1-11: Nitrat-Konzentration durch Einträge über Zwischenabfluss sowie Wasserstand (Station *Peppenkum*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (4. bis 11. Oktober 2017)

Abbildung 3.1-12: Nitrat-Konzentration durch Einträge über Zwischenabfluss (Station *Bickenaschbacherhof*), Wasserstand (Pegel Bickenalb) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (2. bis 21. November 2017)

Abbildung 3.1-13: Vergleich der Nitrat-Frachten an den beiden Messstationen in *Peppenkum* und am *Bickenaschbacherhof* (20. Oktober 2017 bis 26. März 2018)

Abbildung 3.1-14: Einträge von ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor, Ammonium und TOC durch Mischwasserentlastung (Station *Peppenkum*,) sowie Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (28. Oktober bis 11. November 2017)

Abbildung 3.1-15: Einträge von ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor, Ammonium und TOC durch Mischwasserentlastung (Station *Bickenaschbacherhof*) sowie Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (28. Oktober bis 11. November 2017)

Abbildung 3.1-16: Konzentrationen von Ammonium, ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor (Station *Peppenkum*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) über den gesamten Messzeitraum

Abbildung 3.1-17: Konzentrationen von Ammonium, ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor (Station *Bickenaschbacherhof*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) über den gesamten Messzeitraum

Abbildung 3.1-18: Konzentrationen von ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor und Ammonium sowie Abfluss (Station *Peppenkum*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (28. November 2017 bis 8. Januar 2018)

Abbildung 3.1-19: Konzentrationen von ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor und Ammonium (Station *Bickenaschbacherhof*) sowie Abfluss (Pegel Bickenalb) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (4. Dezember 2017 bis 9. Januar 2018)

Abbildung 3.1-20: Tageszyklen von Ammonium, ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor sowie TOC-Gehalte und Abfluss (Station *Peppenkum*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (5. bis 17. Februar 2018)

Abbildung 3.1-21: Konzentrationen an Ammoniak in Abhängigkeit von den Ammonium-Gehalten, den Wassertemperaturen und dem pH-Wert (Station *Bickenaschbacherhof*) sowie Ammoniak-Grenzwert gemäß OGewV (20. Oktober bis 11. November 2017)

Abbildung 3.1-22: Konzentrationen an Ammoniak in Abhängigkeit von den Ammonium-Gehalten, den Wassertemperaturen und dem pH-Wert (Station *Peppenkum*) sowie Ammoniak-Grenzwert gemäß OGewV (11 November 2017 bis 18. Februar 2018)

Abbildung 3.1-23: Konzentrationen an Ammoniak in Abhängigkeit von den Ammonium-Gehalten, den Wassertemperaturen und dem pH-Wert (Station Peppenkum) sowie Ammoniak-Grenzwert gemäß OGewV über den gesamten Messzeitraum

Abbildung 3.1-24: Gehalte von partikelgebundenem Phosphor und TOC sowie Trübung (Station Peppenkum) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (23 November 2017 bis 3. Januar 2018)

Abbildung 3.1-25: Gehalte an TOC (Stationen *Peppenkum* und *Bickenaschbacherhof*), Wasserstand (Station *Bickenaschbacherhof*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (20. Oktober 2017 bis 16. März 2018)

Abbildung 3.1-26: Gehalte an Nitrat, Ammonium und Nitrit (Stationen *Peppenkum* und *Bickenaschbacherhof* sowie Messpunkte 2 und 3) (16. und 24. Oktober sowie 8. November 2017)

Abbildung 3.1-27: Gehalte an ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor sowie TOC (Stationen *Peppenkum* und *Bickenaschbacherhof* sowie Messpunkte 2 und 3) (16. und 24. Oktober sowie 8. November 2017)

Abbildung 3.1-28: Lage der Grundwasser-Beprobungsstellen im Einzugsgebiet und ausgewählte Messergebnisse (Mittelwerte) (Maßstab ca. 1:45.000; Quelle: MUV)

Abbildung 3.2-1: Wassertemperaturen in *Peppenkum* (PK), an den Messpunkten (MP) 1 bis 3 und am *Bickenaschbacherhof* (BA) sowie Niederschlag (Wetterstation *Assweiler)* (22. Oktober 2017 bis 24. Februar 2018)

Abbildung 3.2-2: Sauerstoff-Gehalte in *Peppenkum* (PK), an den Messpunkten (MP) 1 bis 3 und am *Bickenaschbacherhof* (BA) sowie Niederschlag (Wetterstation *Assweiler)* (22. Oktober 2017 bis 24. Februar 2018)

Abbildung 3.2-3: Konzentrationen von Sauerstoff, Ammonium, TOC und partikelgebundenem Phosphor (Station *Peppenkum*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (9. Dezember 2017 bis 8. Januar 2018)

Abbildung 3.2-4: Sauerstoff- Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur am Messpunkt 1 (4. Januar bis 28. Februar 2018) (oben), am Messpunkt 2 (17. Oktober 2017 bis 28. Februar 2018) (Mitte) und am Messpunkt 3 (17. Oktober 2017 bis 24. Januar 2018) (unten) sowie die theoretische Sauerstoff-Sättigung bei Normaldruck

Abbildung 3.2-5: Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Peppenkum*) (4. Oktober 2017 bis 26. Juni 2018; rot markierte Daten: 19. März bis 22. April 2018) sowie die theoretische Sauerstoff-Sättigung

Abbildung 3.2-6 6: Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Bickenaschbacherhof*) (20. Oktober 2017 bis 26. März 2018; rot markierte Daten: 1. März bis 25. März 2018) sowie die theoretische Sauerstoff-Sättigung

Abbildung 3.2-7 : Sauerstoff-Gehalte und Sättigung (manuelle Stichproben durch die französische Behörde in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: http://rhin-meuse.eaufrance.fr/)

Abbildung 3.2-8: Tageszyklen von Sauerstoff und Temperatur (Stationen *Peppenkum* (PK) und *Bickenaschbacherhof* (BA)) (4. Februar bis 23. März 2018)

Abbildung 3.2-9: Tageszyklen von Sauerstoff und pH-Wert (Stationen *Peppenkum* (PK) und *Bickenaschbacherhof* (BA)) (4. Februar bis 24. März 2018)

Abbildung 3.2-10 : Tageszyklen von Sauerstoff, Temperatur und pH-Wert (Stationen *Peppenkum* (PK) und *Bickenaschbacherhof* (BA)) (19. Februar bis 22. März 2018)

Abbildung 3.2-11: Verlauf der Leitfähigkeit (Stationen *Peppenkum* (PK) und *Bickenaschbacherhof* (BA)) (20. Oktober bis 26. März 2018)

Abbildung 3.3-1: Sauerstoff-Gehalte und Sauerstoff-Sättigung sowie Temperaturen im Bereich der Kläranlagen-Abläufe (manuelle Beprobungen am 14. und 28. Februar sowie am 14. März 2018)

Abbildung 3.3-2: pH-Werte und Leitfähigkeit im Bereich der Kläranlagen-Abläufe (manuelle Beprobungen am 14. und 28. Februar sowie am 14. März 2018)

Abbildung 3.3-3: Gehalte an Gesamt-Stickstoff TNb und Nitrat-N im Bereich der Kläranlagen-Abläufe (manuelle Beprobungen am 14. und 28. Februar sowie am 14. März 2018)

Abbildung 3.3-4: Gehalte an Ammonium und Nitrit im Bereich der Kläranlagen-Abläufe (manuelle Beprobungen am 14. und 28. Februar sowie am 14. März 2018)

Abbildung 3.3-5: Gehalte an Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat im Bereich der Kläranlagen-Abläufe (manuelle Beprobungen am 14. und 28. Februar sowie am 14. März 2018)

Abbildung 3.3-6: Gehalte an TOC und TCI im Bereich der Kläranlagen-Abläufe (manuelle Beprobungen am 14. und 28. Februar sowie am 14. März 2018)

Abbildung 3.4-1: Einzelne Gehalte an Sauerstoff und Temperatur (manuelle Beprobungen durch das LUA am *Torhaus* 2008, 2011, 2012 und 2015 und in *Peppenkum* 2008 und 2012)

Abbildung 3.4-2: Einzelne Gehalte an Sauerstoff (manuelle Beprobungen durch die Agence de l‘Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

Abbildung 3.4-3: Einzelne Gehalte an Nitrat-N und Gesamt-Stickstoff (manuelle Beprobungen durch das LUA am *Torhaus* 2008, 2011, 2012 und 2015 und in *Peppenkum* 2008 und 2012)

Abbildung 3.4-4: Einzelne Gehalte an Nitrat (manuelle Beprobungen durch die Agence de l‘Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

Abbildung 3.4-5: Einzelne Gehalte an Gesamt-Stickstoff (manuelle Beprobungen durch die Agence de l'Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

Abbildung 3.4-6: Einzelne Gehalte an Ammonium und Nitrit (manuelle Beprobungen durch das LUA am *Torhaus* 2008, 2011, 2012 und 2015 und in *Peppenkum* 2008 und 2012)
Abbildung 3.4-7: Einzelne Gehalte an Ammonium (manuelle Beprobungen durch das LUA am *Torhaus* 2008, 2011, 2012 und 2015 und in *Peppenkum* 2008 und 2012)

Abbildung 3.4-8: Einzelne Gehalte an Nitrit (manuelle Beprobungen durch die Agence de l'Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

Abbildung 3.4-9: Einzelne Gehalte an Gesamt-Phosphor und TOC (manuelle Beprobungen durch das LUA am *Torhaus* 2008, 2011, 2012 und 2015 und in *Peppenkum* 2008 und 2012)

Abbildung 3.4-10: Einzelne Gehalte an Gesamt-Phosphor (manuelle Beprobungen durch die Agence de l'Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

Abbildung 3.4-11: Einzelne Gehalte an TOC (manuelle Beprobungen durch die Agence de l'Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

Abbildung 3.5-1: Vergleich der prozentualen Überschreitungen (im Falle von Sauerstoff: Unterschreitungen der Anforderungen der Konzentrationen der einzelnen Parameter (Stundenmittelwerte) in *Peppenkum* und am *Bickenaschbacherhof* innerhalb des vergleichbaren Messzeitraumes (20. Oktober 2017 bis 24. März 2018)

Abbildung 3.5-2: Nährstoff-Frachten aus den Teil-Einzugsgebieten in Frankreich und im Saarland sowie Gesamt-Frachten (Messstationen *Peppenkum* und *Bickenaschbacherhof* (20. Oktober 2017 bis 26. März 2018)

Abbildung 6-1: Gesamtes Einzugsgebiet der Bickenalb mit Messstationen. Messpunkten der Sauerstoff-Messungen und Kläranlagen (Quelle: Parc naturel régional des Vosges du Nord)

Abbildung 6-2: Messstation in *Peppenkum*

Abbildung 6-3: Flöße mit je einem Sauerstoff-/Temperatursensor am Schwimmkörper (oben) und einem Drucksensor (zur Wasserstandsmessung) auf der Bodenplatte

Abbildung 6-4: automatischer Probenehmer mit Solarpaneel am Medelsheimer Bach

Abbildung 6-5: Stand der Abwasserentsorgung im Einzugsgebiet der Bickenalb im Jahr 2006 [3]

Abbildung 6-6: Abfluss (Pegel *Bickenaschbacherhof*) sowie Niederschläge, Lufttemperatur und Globalstrahlung (Wetterstation *Assweiler)* über den gesamten Messzeitraum (4. Oktober bis2017 bis 27. Juni 2018)

Abbildung 6-7: Nitratrückhaltevermögen der Böden im Einzugsgebiet (Maßstab ca. 1:44.000, Quelle: geoportal.saarland.de)

Abbildung 6-8: Vergleich der Ammonium-N-Frachten in *Peppenkum* (PK) und am *Bickenaschbacherhof* (BA) über den vergleichbaren Messzeitraum (10. Oktober bis 2017 bis 26. März 2018)

Abbildung 6-9: Vergleich der Ammoniak-N-Frachten in *Peppenkum* (PK) und am *Bickenaschbacherhof* (BA) über den vergleichbaren Messzeitraum (10. Oktober bis 2017 bis 26. März 2018)

Abbildung 6-10: Vergleich der Nitrat-N-Frachten in *Peppenkum* (PK) und am *Bickenaschbacherhof* (BA)über den vergleichbaren Messzeitraum (10. Oktober bis 2017 bis 26. März 2018)

Abbildung 6-11: Vergleich der TOC-Frachten in *Peppenkum* (PK) und am *Bickenaschbacherhof* (BA) über den vergleichbaren Messzeitraum (10. Oktober bis 2017 bis 26. März 2018)

Abbildung 6-12: Vergleich der Frachten an ortho-Phosphat-P *Peppenkum* (PK) und am *Bickenaschbacherhof* (BA) über den vergleichbaren Messzeitraum (10. Oktober bis 2017 bis 26. März 2018)

Abbildung 6-13: Vergleich der Frachten an Gesamt-Phosphor in *Peppenkum* (PK) und am *Bickenaschbacherhof* (BA) über den vergleichbaren Messzeitraum (10. Oktober bis 2017 bis 26. März 2018)

Abbildung 6-14a und b: Verteilung der Messwerte der online erhobenen Parameter Leitfähigkeit (oben) sowie pH-Wert, Sauerstoff und Temperatur (unten) in *Peppenkum* im gesamten Messzeitraum (4. Oktober 2017 bis 27. Juni 2018)
Abbildung 6-14c und d: Verteilung der Messwerte der online erhobenen Parameter Ammonium-N, Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat-P (oben) sowie Nitrat-N und TOC (unten) in *Peppenkum* im gesamten Messzeitraum (4. Oktober 2017 bis 27. Juni 2018)

Abbildung 6-15a und b: Verteilung der Messwerte der online erhobenen Parameter Leitfähigkeit (oben) sowie pH-Wert, Sauerstoff und Temperatur (unten) am *Bickenaschbacherhof* im gesamten Messzeitraum (20. Oktober 2017 bis 26. März 2018)

Abbildung 6-15c und d: Verteilung der Messwerte der online erhobenen Parameter Ammonium-N, Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat-P (oben) sowie Nitrat-N und TOC (unten) am *Bickenaschbacherhof* im gesamten Messzeitraum (20. Oktober 2017 bis 26. März 2018)

Abbildung 6-16a und b: Verteilung der ermittelten Frachten der online erhobenen Paramete Ammonium-N, ortho-Phosphat-P und Gesamt-Phosphor (oben) sowie TOC und Nitrat-N (unten) in *Peppenkum* im gesamten Messzeitraum (4. Oktober 2017 bis 27. Juni 2018)

Abbildung 6-17a und b: Verteilung der ermittelten Frachten der online erhobenen Parameter Ammonium-N, ortho-Phosphat-P und Gesamt-Phosphor (oben) sowie TOC und Nitrat-N (unten) am *Bickenaschbacherhof* im gesamten Messzeitraum (20. Oktober 2017 bis 26. März 2018)

Abbildung 6-18: Probenahmestelle der behördlichen Beprobung in Frankreich (Quelle: http://rhin-meuse.eaufrance.fr/)

Abbildung 6-19: Einzelne Werte für pH und Leitfähigkeit (manuelle Beprobungen durch das LUA am Torhaus 2008, 2011, 2012 und 2015 und in Peppenkum 2008 und 2012)

Abbildung 6-20: Einzelne pH-Werte (manuelle Beprobungen durch die Agence de l'Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

Abbildung 6-21: Einzelne Werte der Leitfähigkeit (manuelle Beprobungen durch die Agence de l'Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

Abbildung 6-22: Ökologischer Zustand (Etat écologique) der Bickenalb an der Probenahmestelle 021008500 in *Erching* in Frankreich 2010 bis 2016 (Quelle: http://rhin-meuse.eaufrance.fr/)

Tabelle 3.3-1: Übersicht über die Kleinkläranlagen im saarländischen Teil des Einzugsgebietes

Tabelle 3.5-1: Mittel, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Bickenalb in Peppenkum vom 4. Oktober 2017 bis 27. Juni 2018, Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial für Gewässertyp 7 gemäß Anlage 7 (2.1.2) OGewV [5] und Grenzwert der Nitrat-Richtlinie sowie Anzahl der zugrundeliegenden Stundenmittelwerte bzw. Einzelmessungen (n)

Tabelle 3.5-2: Mittel, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Bickenalb in Bickenaschbacherhof vom 20. Oktober 2017 bis 26. März 2018, Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial für Gewässertyp 7 gemäß Anlage 7 (2.1.2) OGewV [5] und Grenzwert der Nitrat-Richtlinie sowie Anzahl der zugrundeliegenden Stundenmittelwerte bzw. Einzelmessungen (n)

Tabelle 3.5-3: Mittel, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Frachten der Bickenalb in *Peppenkum* sowie die Gesamtfracht im Messzeitraum vom 4. Oktober 2017 bis 27. Juni 2018

Tabelle 3.5-4: Mittel, Median, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Frachten der Bickenalb am *Bickenaschbacherhof* sowie die Gesamtfracht im Messzeitraum[19] vom 20. Oktober 2017 bis 26. März 2018

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

Tabelle 6-2: Mittelwerte, Minima und Maxima der monatlichen Beprobungen des LUA in *Peppenkum*, Güderkircher Str., Zollstation (Messstellen-Nr. 82) der Jahre 2008 und 2012

Tabelle 6-3: Mittelwerte der Beprobungen der Klein-Kläranlagen mit Hilfe des automatischen Probenehmers
Tabelle 6-4: Mittelwerte, Minima und Maxima der monatlichen Beprobungen des LUA in *Torhausmühle* in *Altheim* (Messstellen-Nr. 84) der Jahre 2008, 2011, 2012 und 2015

Tabelle 6-5: Jahresmittelwerte der manuellen Beprobungen durch die Agence de l‘Eau Rhin-Meuse in *Erching* (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

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 Naumann, Herrn Dr. Götzinger und Herrn Becker

vom Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz;

Frau Kaiser, Frau Willmann, Herrn Dr. Haybach, Herrn Rischmann, Herrn Franzen,

Herrn Knecht, Herrn Rigoll, Herrn Ewen und Herrn Dawo

vom Landesamt für Umwelt - und Arbeitsschutz;

Herrn Sprissler von der Struktur und Genehmigungsdirektion Süd Regionalstelle

Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft, Bodenschutz Kaiserslautern;

Frau Lupa aus Peppenkum,

Herrn Wack aus Peppenkum;

Herrn Stalter aus Hornbach;

Herrn Hartz vom Angelsportverein Peppenkum;

Herrn Gross vom Angelsportverein Guiderkirch sowie

Herrn Alban Cairault vom Parc naturel régional des Vosges du Nord.

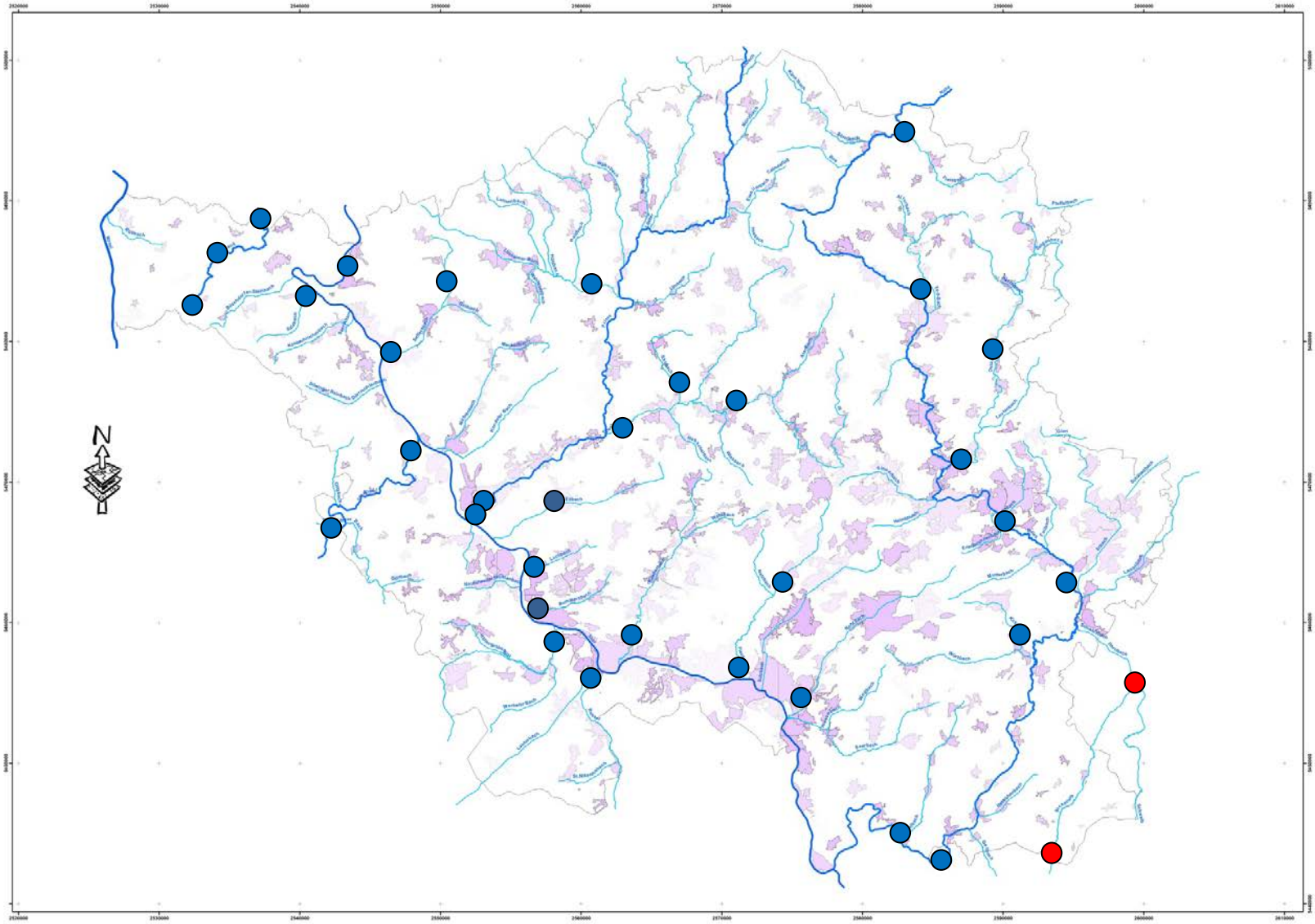
1. Einleitung

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 im Rahmen eines EU-LIFE-Projektes[1] 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) des Saarlandes 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.

Die im Folgenden dargestellte Karte des Saarlandes (Abbildung 1-1) zeigt die Standorte, an denen bereits gemessen wurde (blau), sowie die Messstandorte des aktuellen Berichtszeitraumes (rot).

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



frühere Messstandorte
Standorte im Berichtszeitraum an der Bickenalb (Winter 2017/2018)
Abbildung 1-1: Standorte der Messstationen (Quelle: MUV)

2. Grundlagen

2.1 Technische Grundlagen

Die mobilen Messstationen werden in der Regel am Ende der Flüsse aufgestellt, um ein möglichst umfassendes Bild der Belastungen des Gewässers zu erhalten.
Eine Tauchpumpe fördert kontinuierlich das Flusswasser in den in der Messstation befindlichen Probentopf; über ein weiteres Rohrsystem wird der Überlauf des Probentopfes ins Gewässer zurück geleitet (siehe Abbildung 2.1-1). Im Probentopf selbst befinden sich die Messsonden zur Erfassung von Nitrat, Trübung, Temperatur, Sauerstoff, pH-Wert und Leitfähigkeit (in einigen Fällen auch des Redox-Potentials) sowie die Entnahme-Einheiten der online-Photometer für die Bestimmung der Konzentrationen von Ammonium, Phosphor als ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor und TOC[2]. So können – je nach Messmethode – sehr kurze Messintervalle zwischen wenigen Sekunden und zehn Minuten (bei TOC zwanzig Minuten) realisiert werden (siehe Anhang Tabelle 6-1). Die Messwerte werden im Fünfminuten-Rhythmus von einem Datenlogger erfasst und können dort über ein Mobilfunk-Modem abgerufen werden.

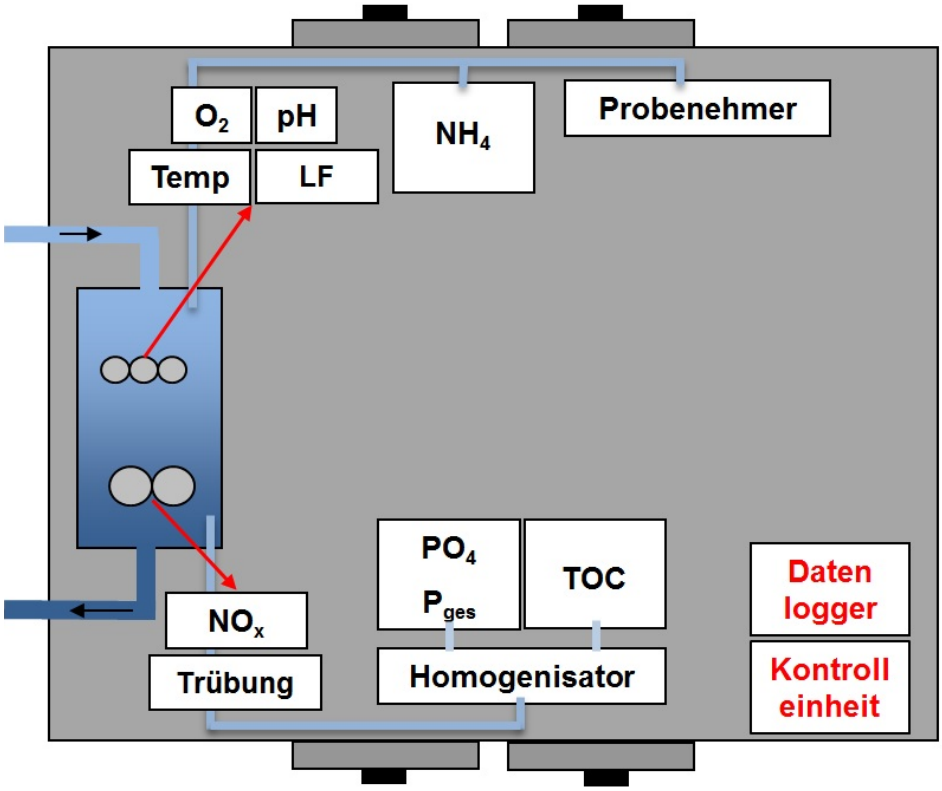


Abbildung 2.1-1: Schematische Darstellung einer mobilen Messstation

Um die Funktionalität der einzelnen Messgeräte zu überprüfen, werden etwa alle sieben bis zehn Tage Proben aus dem Probentopf entnommen, im Labor analysiert und den online ermittelten Werten gegenübergestellt. Dabei werden auch die Gehalte von Nitrit und TNb[3] sowie TIC[4] 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

[2] TOC: Total Organic Carbon, Gesamter organischer Kohlenstoff
[3] TNb: Total Nitrogen bound, Gesamter gebundener Stickstoff
[4] TIC: Total Inorganic Carbon, Gesamter anorganischer Kohlenstoff

Abflüssen sowie von Informationen über die geologische Ausstattung des Einzugsgebietes, Landnutzung, Einleiter etc..
Neben den beiden mobilen Messstationen wurden im Winter zusätzlich sog. „stand-alone"-Sonden für die Messung von Temperatur und Sauerstoff (LDO Methode mit Antifouling-Kappe) sowie für die Erfassung des Wasserstandes mittels Druck eingesetzt. Diese Sonden sind batteriebetrieben und daher autark einsetzbar. Die Daten werden lediglich gespeichert, können im Gegensatz zu den in den Messstationen erhobenen Werten jedoch nicht über Datenfernübertragung versandt werden, und müssen mit Hilfe eines speziellen Gerätes vor Ort aus den Sonden selbst ausgelesen werden. Jeweils eine Sauerstoff-/Temperatur-Sonde sowie eine Drucksonde wurden in einem „Floß" kombiniert (siehe Abbildung 6.2 im Anhang).
Zudem kam ein batterie- und solarbetriebener automatischer Probenehmer zum Einsatz, um die kleinen Nebenbäche der Bickenalb unterhalb der Einleitstellen der Kläranlagen zu beproben (siehe Abbildung 6.3 im Anhang). Mit Hilfe eines solchen Gerätes können automatisch gesteuert Proben aus dem Gewässer entnommen und in gekühlte Flaschen zur Aufbewahrung abgefüllt werden. Im vorliegenden Fall wurde das Gerät zeitgesteuert zur Entnahme von Mischproben betrieben, d.h. jede Stunde wurde ein Volumen von ca. 100ml aus dem Gewässer gezogen, wobei 8 zeitlich aufeinanderfolgende Proben in einer Flasche zusammengeführt wurden, sich somit also 3 Mischproben pro Tag ergaben. Diese Proben wurden nach Ablauf der Beprobungszeit im Labor auf Nährstoffe hin untersucht.

2.2 Untersuchungsraum und Standorte

Die Bickenalb entspringt bei *Petit-Réderching* im lothringischen Kanton *Rohrbach-lès-Bitche* und fließt über das Saarland nach Rheinland-Pfalz, wo sie bei *Zweibrücken-Ixheim* von links kommend in den Hornbach mündet [1]. Er entwässert über fast 20 km Fließstrecke ein Einzugsgebiet von insgesamt 79 km², 11,6 km der Fließstrecke und 34,3 km² davon liegen im Saarland (44% des Einzugsgebietes) [2]. Auf Frankreich und Rheinland-Pfalz entfallen 36% bzw. 20% des Einzugsgebietes[5] (vgl. auch Abbildung 6-1 im Anhang).

Die Bickenalb zählt zum Fließgewässertyp 7, den grobmaterialreichen, karbonatischen Mittelgebirgsbächen. Sie wurde im Rahmen der Umsetzung der WRRL dem Planungsraum Rechts der Saar, Betrachtungsraum Schwarzbach, zugeordnet und als Oberflächenwasserkörper (OWK) XII-2 kategorisiert [2].

Im 1. Maßnahmenprogramm aus dem Jahr 2006 wurde der Zustand der Bickenalb als „mäßig" eingestuft. Gründe hierfür waren morphologische und biologische Defizite (Fisch- und Makrozoobenthosbewertung), stoffliche Belastungen (hauptsächlich durch diffuse Stoffeinträge von Phosphor und Nitrat) sowie auch Defizite im Sauerstoffhaushalt des Gewässers. Dennoch wurde aufgrund der geplanten Maßnahmen die Zielerreichung (Guter ökologischer Zustand und Guter chemischer Zustand) bis 2015 angegeben unter dem Vorbehalt, dass auch in Frankreich in diesem Zeitraum entsprechende Maßnahmen durchgeführt würden. Zudem waren zu diesem Zeitpunkt zahlreiche Ortslagen im Einzugsgebiet noch nicht an die kommunale Abwasserentsorgung angeschlossen, der Bau bzw. die Fertigstellung einiger Sammler und Kläranlagen standen noch aus (siehe Abbildung 6.1 im Anhang) [3].
Bis zur Erstellung des 2. Maßnahmenprogrammes im Jahr 2015 waren diese Arbeiten fertiggestellt, dennoch wurden wiederum dieselben Defizite beschrieben wie im 1. Maßnahmenprogramm [4].
Die ökologische Bewertung der Bickenalb wurde daher sowie wegen „Veränderung aufgrund eines grundsätzlich veränderten Vorgehens beim Monitoring und/oder Zustandsbewertung" im 2. Bewirtschaftungsplan (2015) in „unbefriedigend" abgeändert und die geplante Zielerreichung (s.o.) auf 2027 verlängert, womit sich „das Saarland der von Frankreich festgesetzten Frist 2027 (chemischer Zustand) anschließt" [2].

[5] Im vorliegenden Bericht werden lediglich der französische und der saarländische Teil des Einzugsgebietes betrachtet.

Das Einzugsgebiet der Bickenalb ist sowohl im französischen als auch im deutschen Teil sehr dünn besiedelt und zu großen Teilen landwirtschaftlich genutzt. Auf etwa 42% der im saarländischen Teil des Einzugsgebietes gelegenen Flächen befindet sich Ackerland, auf 36% Grünland. Weitere 18% der Fläche sind mit Wald bedeckt, lediglich 4% entfällt auf Siedlungsflächen. Auf französischer Seite befinden sich zwei Kläranlagen, eine in *Petit-Rederching* und die Kläranlage *Erching* unmittelbar unterhalb der Staatsgrenze in *Guiderkirch*. Die Abwasserentsorgung wurde im Saarland dezentral umgesetzt, daher gibt es in diesem Teil-Einzugsgebiet 8 kleine kommunale Kläranlagen, welche als belüftete Teiche oder als Pflanzenkläranlagen konzipiert sind: *Böckweiler* (Ausbaugröße 370 Einwohnerwert (EW), *Altheim* (650 EW), *Pinningen* (300 EW), *Seyerweiler* (180 EW), *Medelsheim* (500 EW), *Peppenkum* (380 EW), *Riesweiler* (100 EW) und *Utweiler* (70 EW). Die Anlagen wurden in den Jahren 2007 und 2008 in Betrieb genommen. Den Kläranlagen *Altheim* und *Peppenkum* dient die Bickenalb als Vorfluter, die übrigen Anlagen entwässern in kleine Nebenbäche der Bickenalb. Darüber hinaus gibt es im Einzugsgebiet 9 private/gewerbliche Kleinkläranlagen bis 50 EW, 4 Regenüberläufe, 2 Regenüberlaufbauwerke und 2 Stauraumkanäle [Quelle: Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz des Saarlandes, MUV].
Die Bickenalb weist in fast allen Bereichen eine mäandrierende Struktur auf, entlang des gesamten Flussverlaufes wurden in der Nachkriegszeit in direkter Gewässernähe Pappeln angepflanzt. Diese beschatten das Gewässer im Sommer; durch das in großen Mengen anfallende Totholz wird das Gewässer an vielen Stellen gestaut. Die Blätter der Pappeln zersetzen sich nur sehr schlecht, so dass es durch das im Herbst ins Wasser fallende Laub an vielen Stellen zur Bildung von Faulschlamm kommt [mündl. Mitteilungen Angelsportverein *Peppenkum*].

Um die Gewässergüte der Bickenalb kontinuierlich überwachen zu können, wurde eine online-Messstation im Oberlauf des Flusses in *Peppenkum*, in unmittelbarer Nähe zur französischen Grenze, und eine weitere auf dem *Bickenaschbacherhof* in *Hornbach* aufgestellt. Aus technischen Gründen konnte die Messstation nicht genau an der Grenze zwischen dem Saarland und Rheinland-Pfalz installiert werden. Der Standort *Bickenaschbacherhof* befindet sich jedoch nur 500 m unterhalb der Grenze, so dass dieser Messpunkt für die folgenden Betrachtungen als Endpunkt des für das Saarland relevanten Teils des Einzugsgebietes angenommen wird.
Die Station in *Peppenkum* (Koordinaten: R 2593589 H 5443954) wurde vom 4. Oktober 2017 bis 27. Juni 2018[6] und die Station auf dem *Bickenaschbacherhof* (Koordinaten: R 2596624 H 5451621) vom 20. Oktober 2017 bis 26. März 2018 betrieben.
Die Entfernung der beiden Messstandorte zueinander beträgt ca. 11 km Fließstrecke, vom *Bickenaschbacherhof* bis zur Mündung der Bickenalb in den Hornbach sind es etwa 2 km (siehe Abbildung 2.2-1 bis 2.2-3 und Abbildungen 6-1 im Anhang). Die Station in *Peppenkum* erfasste ein Teil-Einzugsgebiet von annähernd 30 km², die Station am *Bickenaschbacherhof* einen Teil-Einzugsgebiet von etwa 66 km².
In beiden Messstationen wurden alle in Kapitel 2.1 genannten Parameter kontinuierlich erfasst; in der Station in *Peppenkum* wurde zudem der Wasserstand mittels Ultraschallsonde erhoben. Im Rahmen der Qualitätssicherung wurden wöchentlich vor Ort Vergleichsmessungen der elektrochemischen Parameter durchgeführt sowie Proben entnommen und im Labor auf Ammonium, Nitrat, Nitrit und TNb, Phosphor, TOC und TIC untersucht.

Die Flöße mit den „stand-alone"-Sonden für die Messung von Temperatur und Sauerstoff sowie für die Erfassung des Wasserstandes wurden wie folgt betrieben:

- am Messpunkt 1 in der Ortsmitte von *Peppenkum* vom 4. Januar bis 28. Februar 2018,
- am Messpunkt 2 zwischen *Peppenkum* und *Altheim* vom 17. Oktober 2017 bis 28. Februar 2018 und
- am Messpunkt 3 in der Ortsmitte von *Altheim*[7] vom 17. Oktober 2017 bis 24. Januar 2018

[6] In Peppenkum kam es in folgenden Zeitbereichen aufgrund von Stromausfällen zu Datenverlusten: 12. bis 17. November, 25. bis 27. März und 31. März bis 3. April. An diesem Standort konnte wegen des sehr schwachen Mobilfunkempfangs keine Datenfernübertagung eingerichtet werden, so dass die Systemausfälle erst beim nächsten Vor-Ort-Termin bemerkt und behoben werden konnten.

[7] Wegen der Hochwassersituation konnte das Floß am Messpunkt 3 im Dezember 2017 nicht an Land gezogen werden, so dass die Daten nicht ausgelesen werden konnten, daher fehlen an diesem Standort die Messwerte vom 13. Dezember bis zum 4. Januar.

(siehe auch Abbildung 2.2-1). Die mit Hilfe dieser Flöße gewonnenen Erkenntnisse sind vornehmlich in Kapitel 3.2 dargestellt.

Der automatische Probenehmer war an den Zuflüssen der Bickenalb jeweils unterhalb der folgenden Kläranlagen installiert:

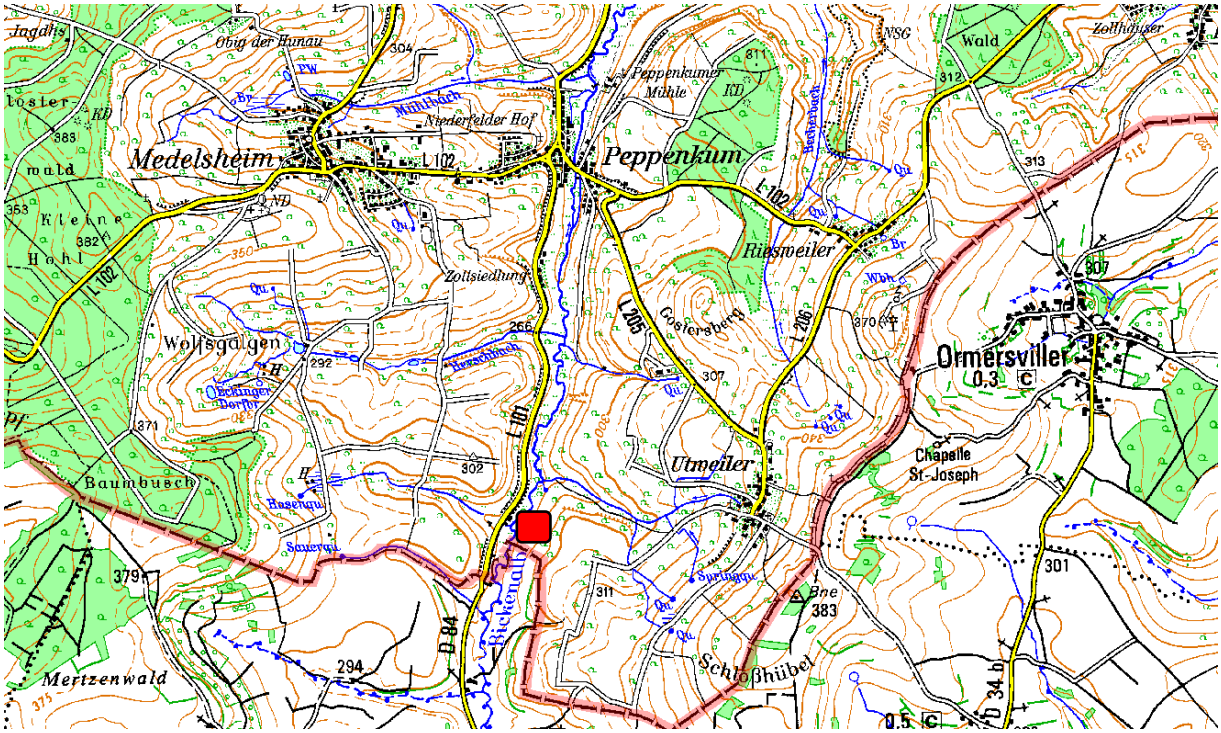
- Kläranlage *Böckweiler*: 16. bis 21. November 2017,
- Kläranlage *Pinningen*: 29. November bis 04. Dezember 2017,
- Kläranlage *Seyerweiler*: 13. bis 18. Dezember 2017,
- Kläranlage *Riesweiler*: 3.bis 7. Januar 2018,
- Kläranlage *Utweiler*: 11. bis 15. Januar 2018 und
- Kläranlage *Medelsheim*: 25. bis 30. Januar 2018.

Die Ergebnisse dieser Beobachtungen sind in Kapitel 3.3 beschrieben.

Zur Evaluierung und Interpretation der Messdaten wurden die durch das Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz des Saarlandes (LUA) erhobenen Wetter-Daten der Wetterstation in *Assweiler* berücksichtigt.
Darüber hinaus wurden zur Interpretation der Messwerte die Wasserstände am Standort in *Peppenkum* mit Hilfe einer Ultraschallsonde direkt an der Messstation aufgezeichnet, wobei allerdings aus technischen Gründen keine Wasserstände über 80 cm erfasst werden konnten. Darüber hinaus wurde vom Parc Naturel Régional des Vosges du Nord eine an einem Standort zwischen *Peppenkum* und *Guiderkirch* erhobene Hüllkurve zur Auswertung zur Verfügung gestellt. Die Distanz dieses Messpunktes zur Messstation in *Peppenkum* beträgt ca. 1 km Fließstrecke, in welcher keine nennenswerten Zuflüsse in die Bickenalb stattfinden, so dass die dort ermittelten Werte auf den Standort in *Peppenkum* übertragen werden konnten.
In unmittelbarer Nähe des *Bickenaschbacherhof*es befindet sich zwar ein Pegel der Struktur- und Genehmigungsdirektion (SGD) Süd *Kaiserslautern*, an diesem werden jedoch nur die Wasserstände der Bickenalb erfasst. Um die im Gewässer transportierten Frachten kalkulieren zu können, wurde nachträglich vom 20. Dezember 2018 bis 11. März 2019 ein Durchflussmessgerät an einer Brücke in *Altheim* installiert und die Messwerte in Bezug zu den gleichzeitig durch den Pegel der SGD Süd erhobenen Werte gebracht. Die so ermittelte Wasserstands-Abfluss-Beziehung wurde dann auf die Wasserstände angewandt, die während des Messzeitraumes vom Pegel der SGD Süd erhoben worden waren, so dass auf die entsprechenden Abflüsse rückgeschlossen werden konnte. Zudem konnte durch das LUA ein Gebietsfaktor von 0,715 für den Standort in *Peppenkum* abgeleitet werden, welcher es ermöglichte, die dort erhobenen Wasserstandsdaten ebenfalls in Abflussmengen umzurechnen. Zur Kompensation der zeitlichen Differenz zwischen den beiden Messpunkten wurde ein Versatz von 8 Stunden auf die Daten angewandt.
In einigen Fällen, in denen kurzfristige Veränderungen der Wassermengen besondere Bedeutung für die Interpretation der Messdaten haben, wurden für den Standort *Peppenkum* in den entsprechenden Abbildungen die Wasserstandsdaten herangezogen, so z.B. in Abbildung 3.1-1sowie 3.1.-11/12.

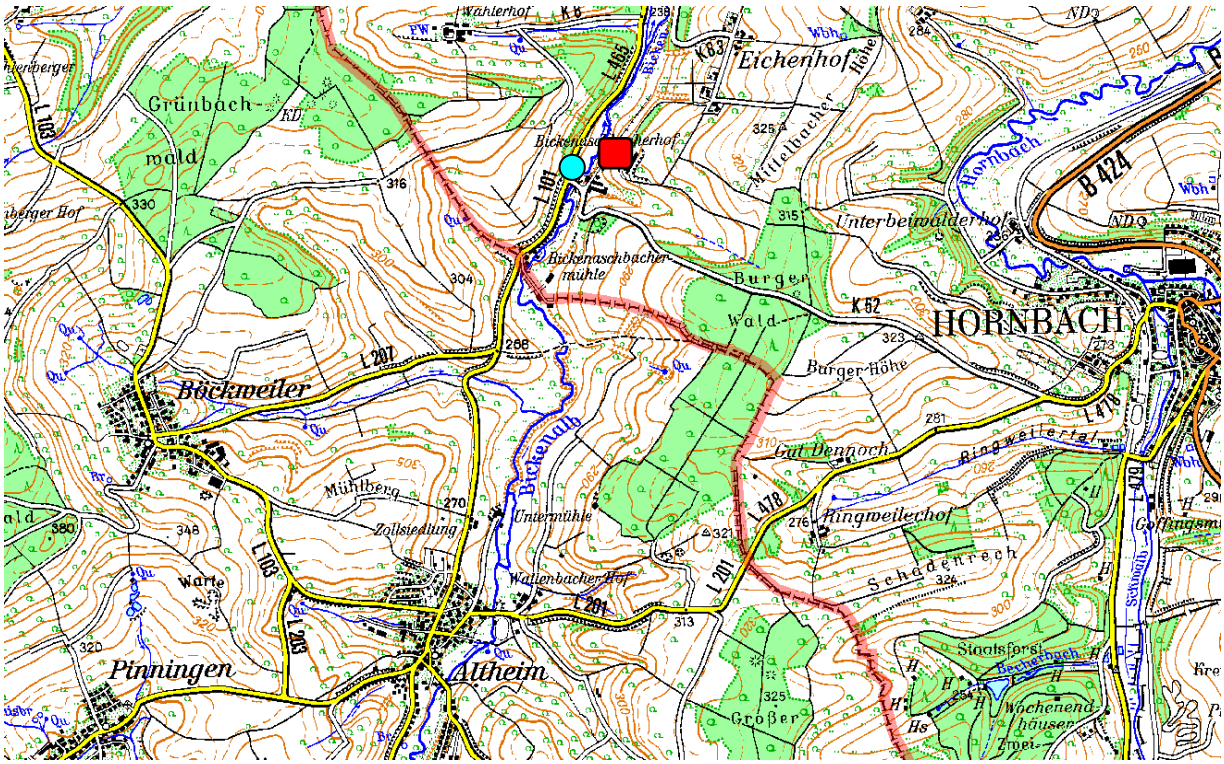
Standorte der Messstationen in *Peppenkum* (P) und am *Bickenaschbacherhof* (B)
Messorte der Flöße im Ortskern *Peppenkum* (1), zwischen *Peppenkum* und *Altheim* (2) und in *Altheim* (3)

Abbildung 2.2-1: saarländischer Teil des Einzugsgebietes der Bickenalb mit Landnutzung, Einleitern und Messpunkten (Maßstab ca. 1: 38.000, Quelle: MUV)



Standort der Messstation in *Peppenkum*

Abbildung 2.2-2: Standort der Messstation an den Zollhäusern in *Peppenkum* an der französischen Grenze (Maßstab ca. 1:19.000; Quelle: Zora)



Standort der Messstation am *Bickenaschbacherhof*
Pegel Bickenalb in *Hornbach*

Abbildung 2.2-3: Standort der Messstation am *Bickenaschbacherhof* in *Hornbach* kurz unterhalb der Grenze zu Rheinland-Pfalz (Maßstab ca. 1:19.000; Quelle: Zora)

3. Ergebnisse und Diskussion

In den folgenden Kapiteln werden einige signifikante Beobachtungen beschrieben, die während des Winterhalbjahres 2017/18 mit Hilfe der mobilen Messstationen an der Bickenalb in *Peppenkum* und am *Bickenaschbacherhof* gewonnen werden konnten.
Den Abbildungen liegen - soweit nicht anders vermerkt - die Stundenmittelwerte der erhobenen Messdaten zugrunde, da sich diese direkt mit den vom LUA zur Verfügung gestellten Stundenmittelwerten der Abflüsse sowie den Stundensummen der Niederschläge vergleichen lassen und zudem ein hoch aufgelöstes Bild der Konzentrationsverläufe wiedergeben.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde in die Kapitel „Nährstoffe“ und „chemisch-physikalische Messgrößen“ untergliedert. Die Betrachtung erfolgt dabei keineswegs losgelöst voneinander, sondern immer auch im Hinblick auf die Veränderungen der übrigen, gleichzeitig erhobenen Messgrößen, Abflusssituationen, Niederschläge etc. (s.o.). Des Weiteren werden die Ergebnisse der Beprobung an den im Einzugsgebiet befindlichen Klein-Kläranlagen erörtert sowie eine Betrachtung der manuellen Beprobungen der letzten Jahre durch die deutschen und die französische Behörde vorgenommen. Auf die Frage, wie die Belastung der Bickenalb beim Übertritt von Frankreich nach Deutschland zu beurteilen ist, wird in einem gesonderten Kapitel nochmals näher eingegangen. Abschließend wird ein tabellarischer Vergleich mit den Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potential sowie eine Darstellung der ermittelten Frachten durchgeführt.

3.1 Nährstoffe

Allgemein war das Winterhalbjahr 20017/2018 durch häufige Regenfälle und damit verbunden durch hohe Abflüsse gekennzeichnet. Diese Wetterlagen eignen sich gut zur Beobachtung von solchen Belastungen, die aus diffusen Quellen, oder auch aus der Mischwasserentlastung in die Gewässer gelangen. Hingegen lassen sich Einträge aus technischen Anlagen (kommunale bzw. industrielle Kläranlagen) besser während Trockenwetterabflüssen feststellen. Zu Beginn der Messkampagne Anfang Oktober (so wie auch im Sommer 2018) herrschten Trockenwetterbedingungen, so dass die unterschiedliche Beeinflussung der Bickenalb vor allem in *Peppenkum* durch die aus Frankreich stammenden Belastungen anhand der Messungen sehr gut verdeutlicht werden können.

Bei sehr geringen Abflussmengen im Oktober und Anfang November wird der Einfluss der etwa 2 km oberhalb des Messpunktes *Peppenkum* gelegenen kommunalen Kläranlage *Erching* (Frankreich) deutlich sichtbar (siehe Abbildung 3.1-1). Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat verlaufen völlig parallel, die Differenz zwischen den beiden ist sehr gering, der eingetragene Phosphor besteht also fast vollständig aus gelöstem Phosphat. Dieses Verhältnis ist typisch für Abwässer aus kommunalen Kläranlagen. Zudem lässt sich in diesen Niedrigwasserphasen ein Tagesrhythmus mit nächtlichen Maxima sowohl bei den Konzentrationen als auch beim Wasserstand erkennen. Die Konzentrationen steigen mit abnehmender Wassermenge im Gewässer an, was bedeutet, dass die Fracht an Phosphor, also die eingeleitete Menge, relativ konstant ist. Am 8., 11., 22./23., 24./25., und 29. Oktober sowie am 5. und 8. November kommt es durch Regenfälle zusätzlich zu Einträgen aus Mischwasserentlastungsbauwerken, durch die die Konzentrationen sprunghaft ansteigen. In den Trockenphasen dazwischen prägen sich sofort wieder die oben beschriebenen Phänomene aus. Der exakte zeitliche Ablauf und die Schärfe der Peaks sind eindeutige Zeichen dafür, dass diese Einträge in unmittelbarer Nähe der Messstation stattfinden, so dass nur die Kläranlage *Erching* als Verursacher dieser Belastung in Frage kommt.

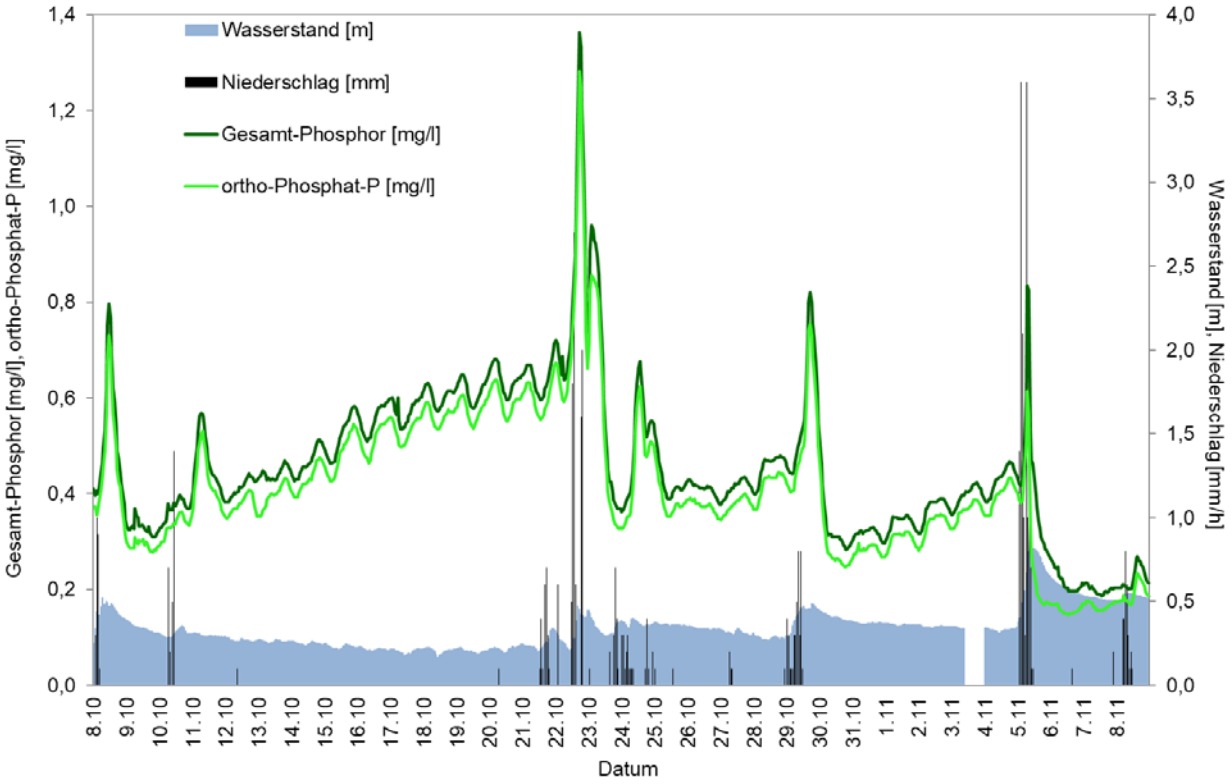


Abbildung 3.1-1: Konzentrationen an ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor sowie Wasserstand (Station *Peppenkum*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (8. Oktober bis 8. November 2017)

Trägt man, wie in Abbildung 3.1-2 anhand der 5-Minuten-Werte dargestellt, die Messwerte von ortho-Phosphat in Abhängigkeit von denen des Gesamt-Phosphor auf, so zeigt sich für den besagten Zeitbereich ein sehr hoher Zusammenhang zwischen den beiden Phosphor-Fraktionen (R^2 = 0,9389), welcher sich im Regressionskoeffizient R^2 der Pearson–Korrelation ausdrückt. Dies bestätigt wiederum die Theorie, dass es sich bei den Einträgen um kommunales Abwasser handelt.

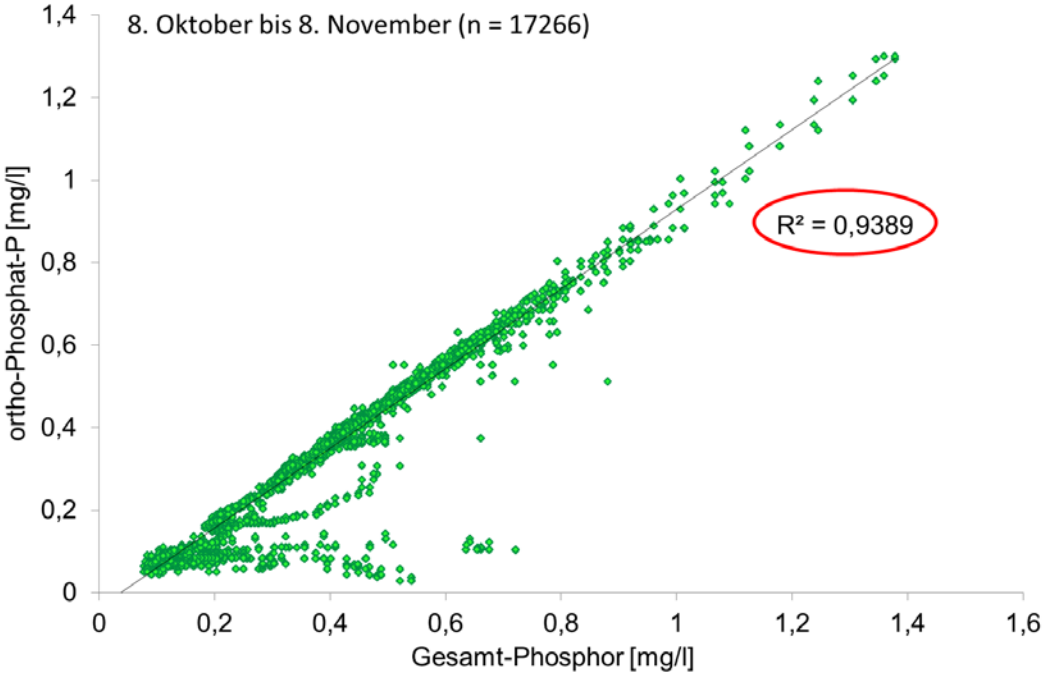


Abbildung 3.1-2: Korrelation von ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor (Station *Peppenkum* (8. Oktober bis 8. November 2017, 5-Minutenwerte)

Es kommt im Einzugsgebiet der Bickenalb jedoch auch zu Einträgen aus diffusen Quellen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. Wie am Beispiel des Zeitraumes von Mitte November bis Anfang Dezember für die grenznahe Messstation in *Peppenkum* dargestellt, verlaufen die Phosphor-Konzentrationen bei derartigen Einträgen im Gegensatz zu denen aus kommunalen Abwässern nicht parallel (siehe Abbildung 3.1-3). Bei einer Zunahme des Gesamt-Phosphors stagniert der Anteil an ortho-Phosphat oder wird sogar verdünnt, der Anteil des partikelgebundenen Phosphors, der sich rein rechnerisch aus der Different des Gesamt-Phosphor und des gelösten Anteils (ortho-Phosphat-P) ergibt, steigt also an. Diese Phosphor-Fraktion gelangt hauptsächlich durch Düngung auf die landwirtschaftlichen Flächen, überschüssiger Phosphor lagert sich dann an Bodenpartikel an und wird bei Regenfällen in das Gewässer transportiert (Erosion).

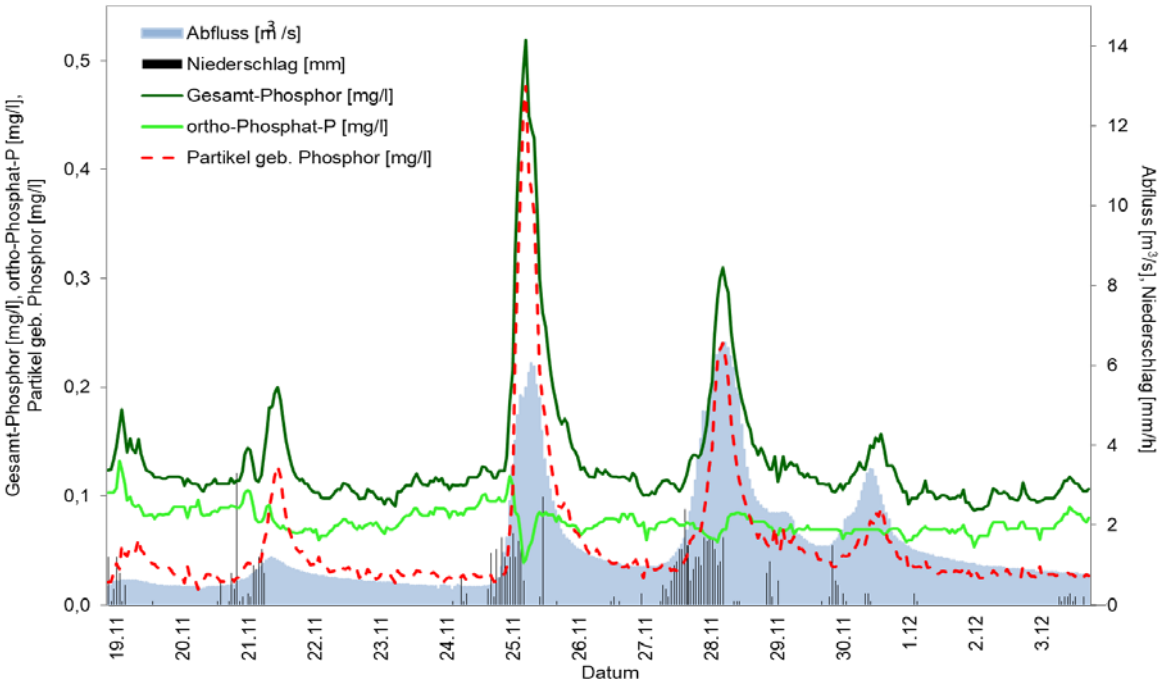


Abbildung 3.1-3: Konzentrationen an ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor und partikelgebundenem Phosphor, Abfluss (Station *Peppenkum*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (19. November bis 3. Dezember 2017)

Die Korrelation von ortho-Phosphat zu Gesamt-Phosphor ist sehr niedrig (siehe Abbildung 3.1-4).

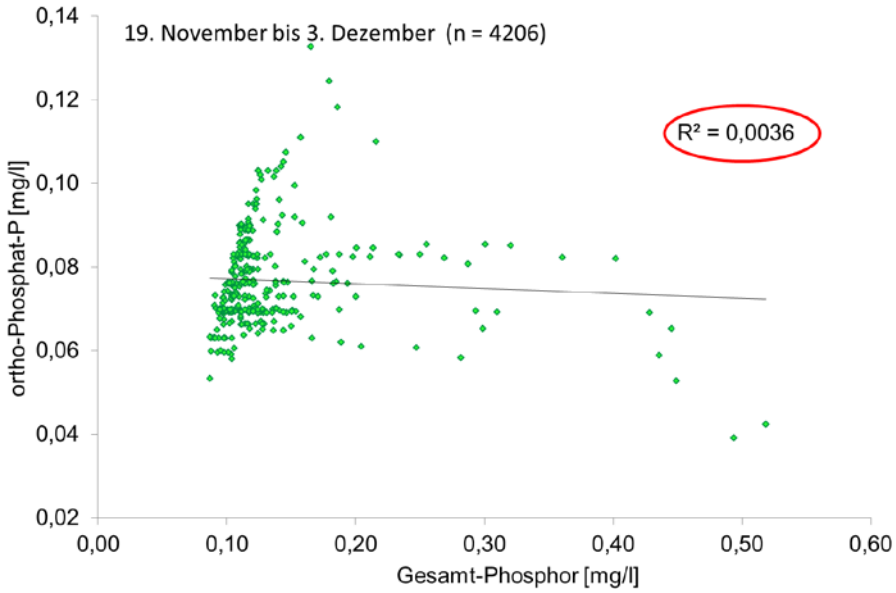


Abbildung 3.1-4: Korrelation von ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor (Station *Peppenkum)* (19. November bis 3. Dezember 2017, 5-Minutenwerte)

Neben dem partikelgebundenen Phosphor werden durch Erosion auch gelöste und partikulär vorliegende kohlenstoffhaltige Substanzen in das Gewässer verlagert, so z.B. Kohlenstoff aus natürlichen und synthetischen Düngern, aber auch Huminsäuren und kleine Pflanzenteile. Diese werden als Summenparameter TOC erfasst. Die Konzentrationen von partikelgebundenem Phosphor und TOC verlaufen dabei oft sehr ähnlich (siehe Abbildung 3.1-5), so dass sich auch hierbei ein hoher Zusammenhang zwischen den beiden Substanzen ergibt (siehe Abbildung 3.1-6). Diese hohe Korrelation beweist wiederum, dass der partikelgebundene Phosphor und TOC aus den gleichen Belastungsquellen stammen.

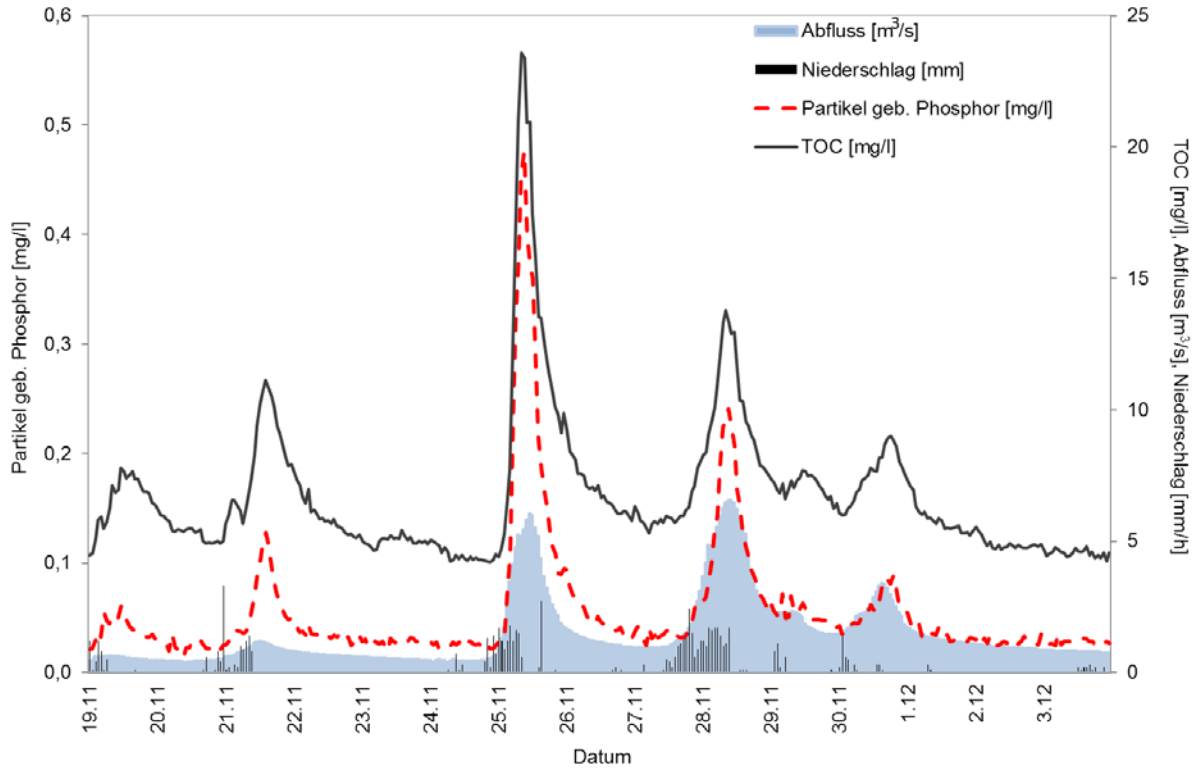


Abbildung 3.1-5: Konzentrationen von partikelgebundenem Phosphor und TOC (Station *Peppenkum*), Abfluss und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (19. November bis 3. Dezember 2017)

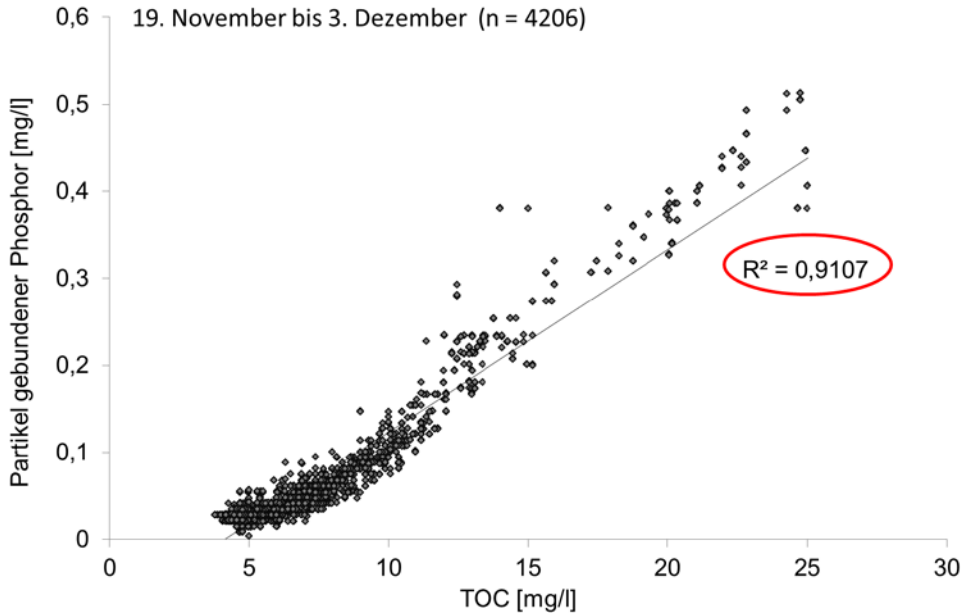


Abbildung 3.1-6: Korrelation von partikelgebundenem Phosphor und TOC (Station *Peppenkum)* (19. November bis 3. Dezember 2017, 5-Minutenwerte)

An der Messstation am *Bickenaschbacherhof* konnten ebenfalls erhöhte Einträge von partikelgebundenem Phosphor festgestellt werden. Durch die ins Gewässer eingespülten Partikel steigt auch die Trübung im Gewässer an. Abbildung 3.1-7 verdeutlicht noch einmal den parallelen Verlauf der Konzentrationen von Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat und daraus resultierend der Konzentration von partikelgebundenem Phosphor, den TOC-Gehalten und der Trübung an der Station *Bickenaschbacherhof* am 12. und 13. November.

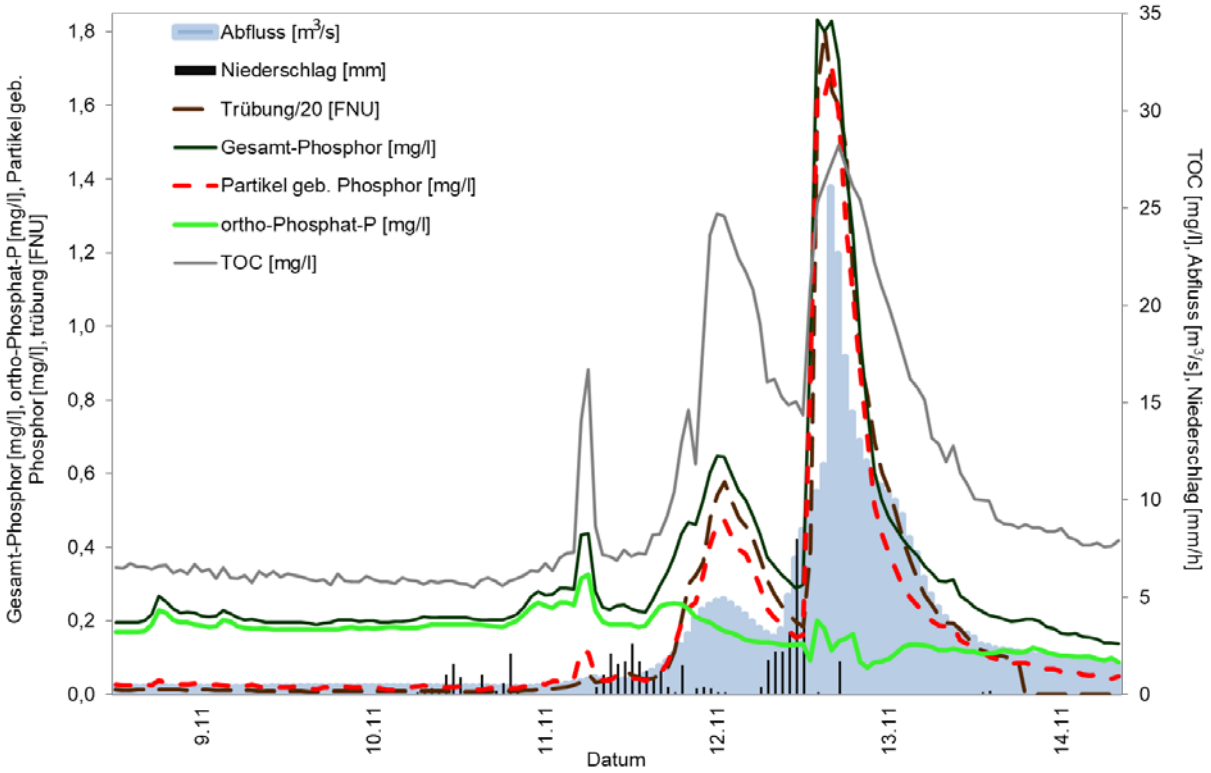


Abbildung 3.1-7: Konzentrationen von Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat, partikelgebundenem Phosphor und TOC, Trübung und Abfluss (Station *Bickenaschbacherhof*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (6. bis 13. November 2017)

Der Zusammenhang zwischen TOC und Gesamt-Phosphor ist für den betreffenden Zeitraum am *Bickenaschbacherhof* zwar nicht so ausgeprägt, dafür ergibt sich wiederum ein hoher Regressionskoeffizient für den Zusammenhang zwischen Trübung und partikelgebundenem Phosphor (siehe Abbildung 3.1-8).

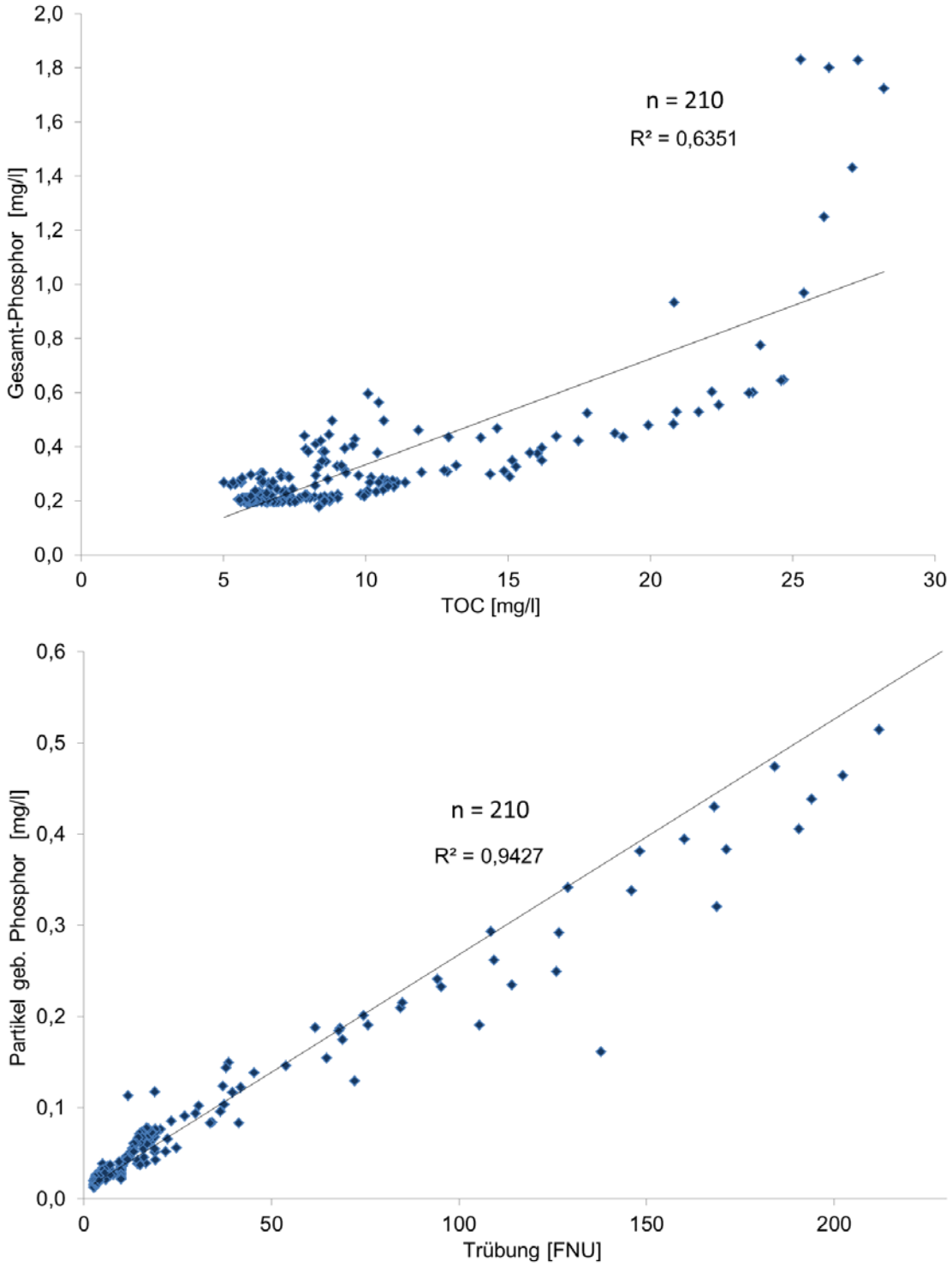


Abbildung 3.1-8: Korrelation von TOC und partikelgebundenem Phosphor (oben) sowie Trübung und partikelgebundenem Phosphor (unten) (Station Bickenaschbacherhof) (5. bis 13. November 2017)

In Abbildung 3.1-9 sind die Konzentrationsverläufe von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat an beiden Standorten von Anfang Dezember bis Mitte Januar miteinander verglichen. Da nicht nur die Konzentrationen an Gesamt-Phosphor und damit die des partikelgebundenen Phosphors, sondern auch die Wassermenge am *Bickenaschbacherhof* deutlich höher sind als flussaufwärts in *Peppenkum*, finden also auch im saarländischen Teil des Einzugsgebietes der Bickenalb Auswaschungen von Phosphor aus landwirtschaftlichen Flächen statt.

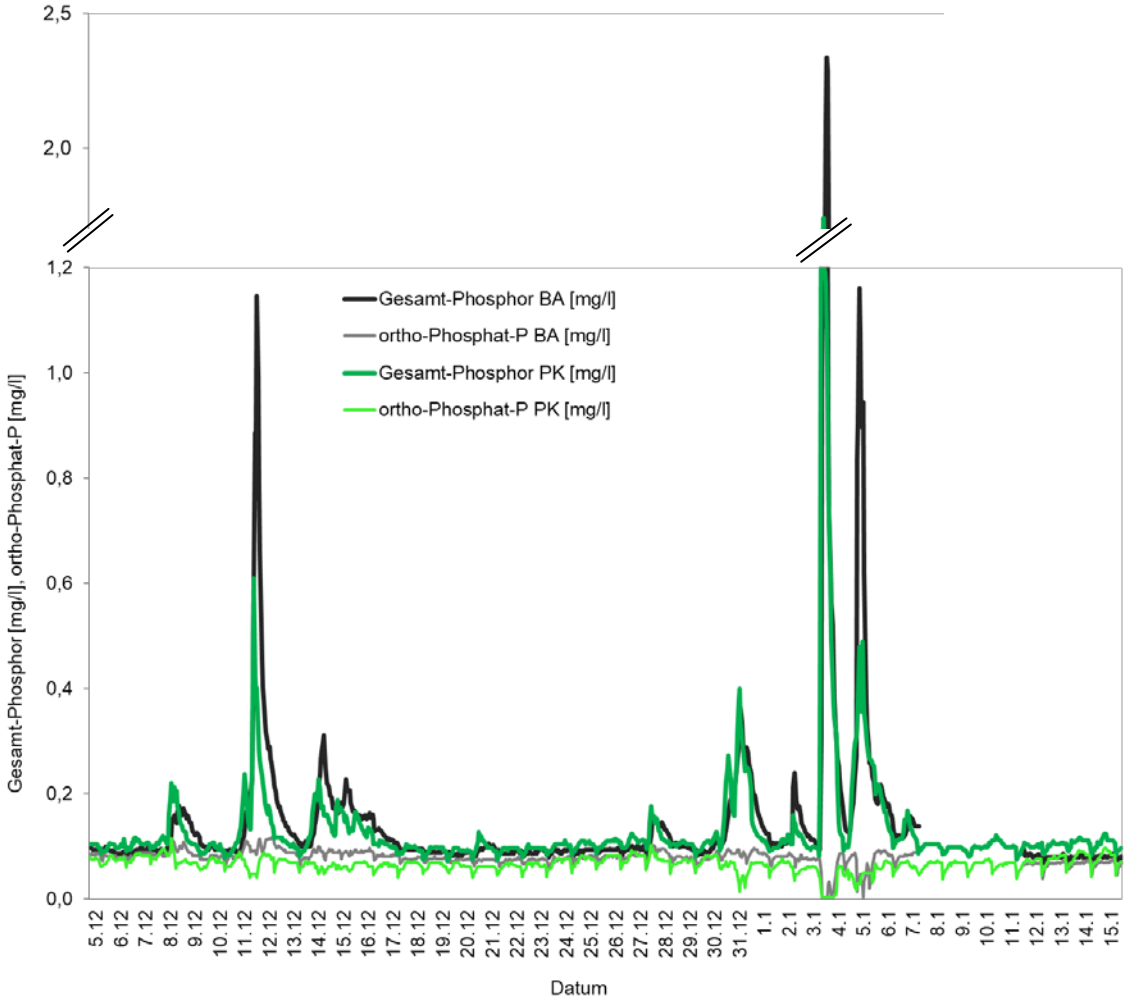


Abbildung 3.1-9: Vergleich der Gehalte an ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor (Stationen *Peppenkum* und *Bickenaschbacherhof*) (5. Dezember 2017 bis 15. Januar 2018)

Ein direkter Vergleich der an beiden Standorten vorhandenen Belastungen sowie eine Bilanzierung der Stoffmengen, die innerhalb eines (Teil-)Einzugsgebietes in das Gewässer gelangt bzw. im Gewässer transportiert werden, lässt sich anhand der Betrachtungen der Frachten durchführen.
Diese sind für die Phosphor-Fraktionen über den entsprechenden Zeitraum in Abbildung 3.1-10 noch einmal dargestellt. Es ist offensichtlich, dass ein großer Anteil des gelösten ortho-Phosphates und des Gesamt-Phosphors bereits am Standort in *Peppenkum* im Gewässer vorhanden ist. Nichtsdestotrotz gelangen vor allem bei Regenereignissen große Mengen an partikelgebundenem Phosphor im saarländischen Teil des Einzugsgebietes in das Gewässer. Die Ausprägung dieser Einträge variiert dabei auch in Abhängigkeit von der Intensität, der Dauer und der räumlichen Verteilung der Niederschläge.

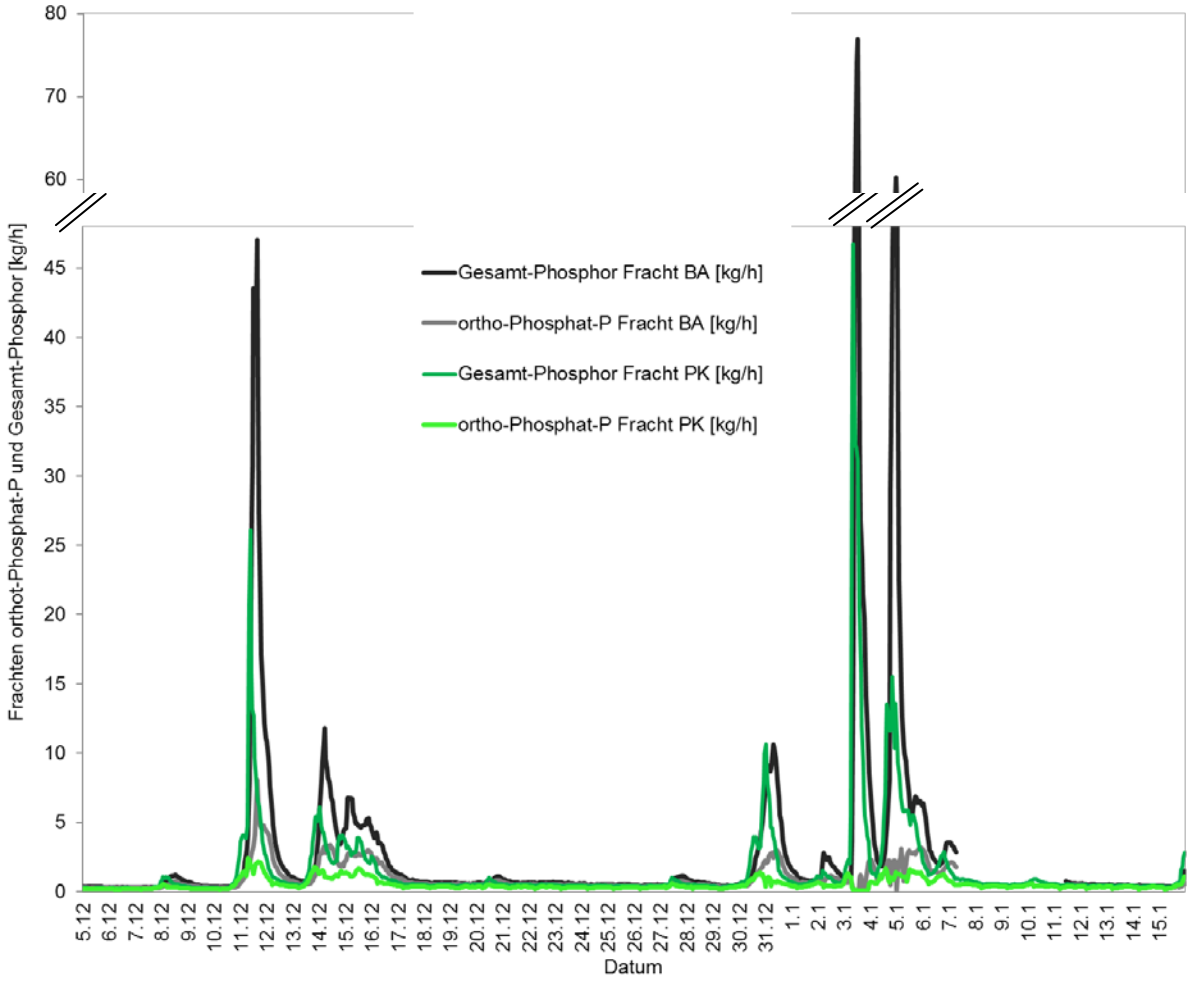


Abbildung 3.1-10: Vergleich der Frachten von ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor (Stationen *Peppenkum* und *Bickenaschbacherhof*) (5. Dezember 2017 bis 15. Januar 2018)

Eine Bilanzierung der Frachten findet sich in den Tabellen 3.5-3 und 3.5-4, die für die beiden Standorte insgesamt ermittelten Mengen an Nährstoffen sind in Abbildung 3.5-2 noch einmal abschließend gegenübergestellt.

Der Einfluss der diffusen Einträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen wird auch in Bezug auf Nitrat deutlich. An beiden Standorten konnten gelegentlich Einträge von Nitrat über Zwischenabfluss erfasst werden. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass, bedingt durch die Regenfälle, kurzfristig eine Verdünnung der Nitrat-Gehalte erfolgt. Denn das gelöste Nitrat wird zunächst durch den Boden transportiert und gelangt mit einem bestimmten Zeitversatz in das Gewässer. Erst einige bis mehrere Stunden nach dem Abfluss-Maximum steigt die Konzentration dann, meist weit über das Grundniveau hinaus, an. An der Station in *Peppenkum* zeigen sich diese Phänomene sehr deutlich und bilden scharfe Peaks aus (siehe Abbildung 3.1-11), daher ist davon auszugehen, dass diese Einträge in der Nähe der Messstation erfolgen. Hingegen ist die Schärfe des Nitrat-Signals am *Bickenaschbacherhof* nicht mehr so ausgeprägt, da sich die Nitrat-Mengen während des Fließens verteilen und zudem im Flussverlauf aufsummieren (siehe Abbildung 3.1-12).

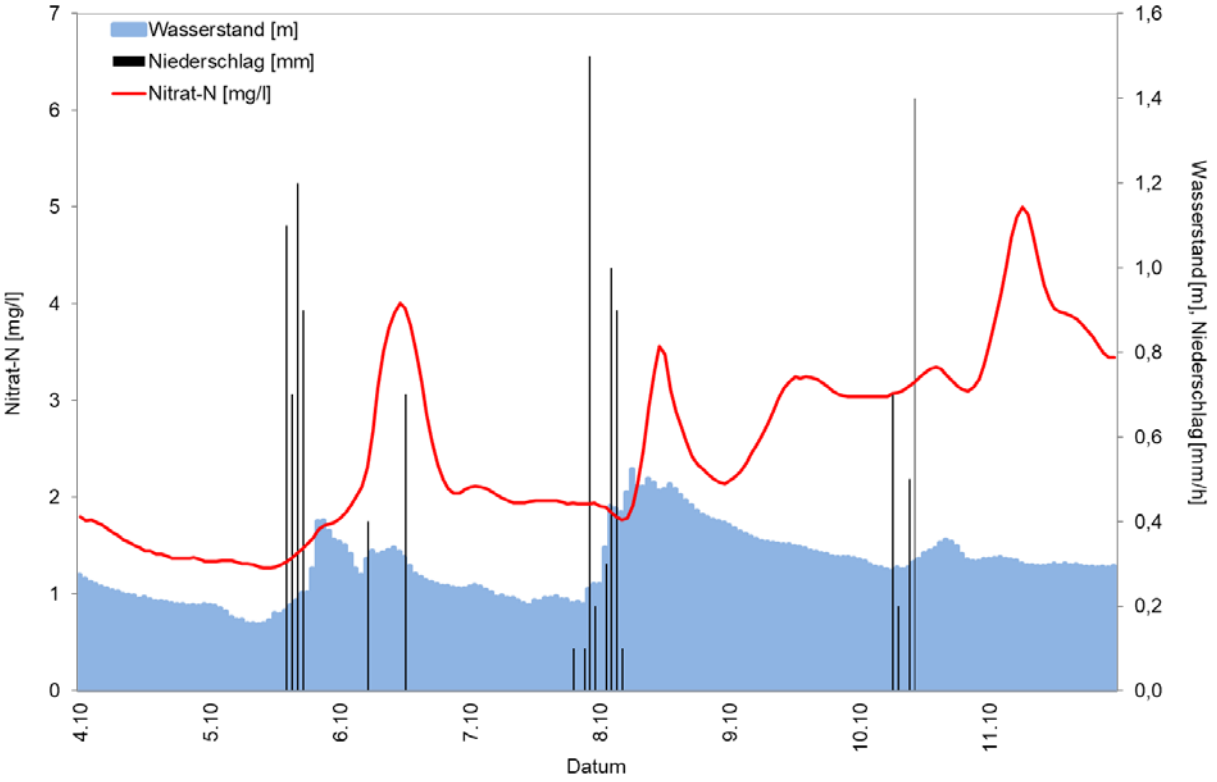


Abbildung 3.1-11: Nitrat-Konzentration durch Einträge über Zwischenabfluss sowie Wasserstand (Station *Peppenkum*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (4. bis 11. Oktober 2017)

Auch an der Station am *Bickenaschbacherhof* konnten im Herbst gelegentlich Nitrat-Einträge über Zwischenabfluss erfasst werden (siehe Abbildung 3.1-12). Hierbei zeigt sich aber, dass die Konzentrationen nach Erreichen des Maximums langsamer zurückgehen als in *Peppenkum*. Im dargestellten Zeitraum wird zunächst ein solches Ereignis am 6. November sichtbar, die Nitrat-Gehalte nehmen bis zum nächsten Ereignis nur wenig ab. Dieses Ereignis weist den oben beschriebenen typischen Verlauf für zwischenabflussgesteuerte Einträge auf. Durch den nächsten, stärkeren Wasseranstieg am 13.11. werden die Nitrat-Gehalte zunächst verdünnt, mit dem entsprechenden Zeitversatz steigt die Konzentration daraufhin wieder an, der Konzentrationsrückgang erfolgt dann wiederum über einen längeren Zeitraum. Dieser Unterschied zu den Konzentrationsverläufen in *Peppenkum* ist dadurch zu erklären, dass die Station *Bickenaschbacherhof* sehr viel weiter unterhalb im Einzugsgebiet gelegen ist, also ein sehr viel größerer Teil des Einzugsgebietes erfasst wird. Der Nitrat-Peak verbreitert sich, da das Nitrat an verschiedenen Stellen in das Gewässer gelangt und aufgrund der unterschiedlichen Fließzeiten zeitversetzt an diesem Messpunkt ankommt. Da die Ammonium-Gehalte auf der Fließstrecke im Mittel eher gering sind (vgl. auch Tabellen 3.5-1 und 3.5-2), ist die Bildung von Nitrat durch Nitrifikation als vernachlässigbar abzusehen. Insofern sind die dargestellten Einträge von Nitrat ein Hinweis darauf, dass auch im saarländischen Teil des Einzugsgebietes der Bickenalb Nitrat aus landwirtschaftlichen Flächen in das Gewässer eingetragen wird.

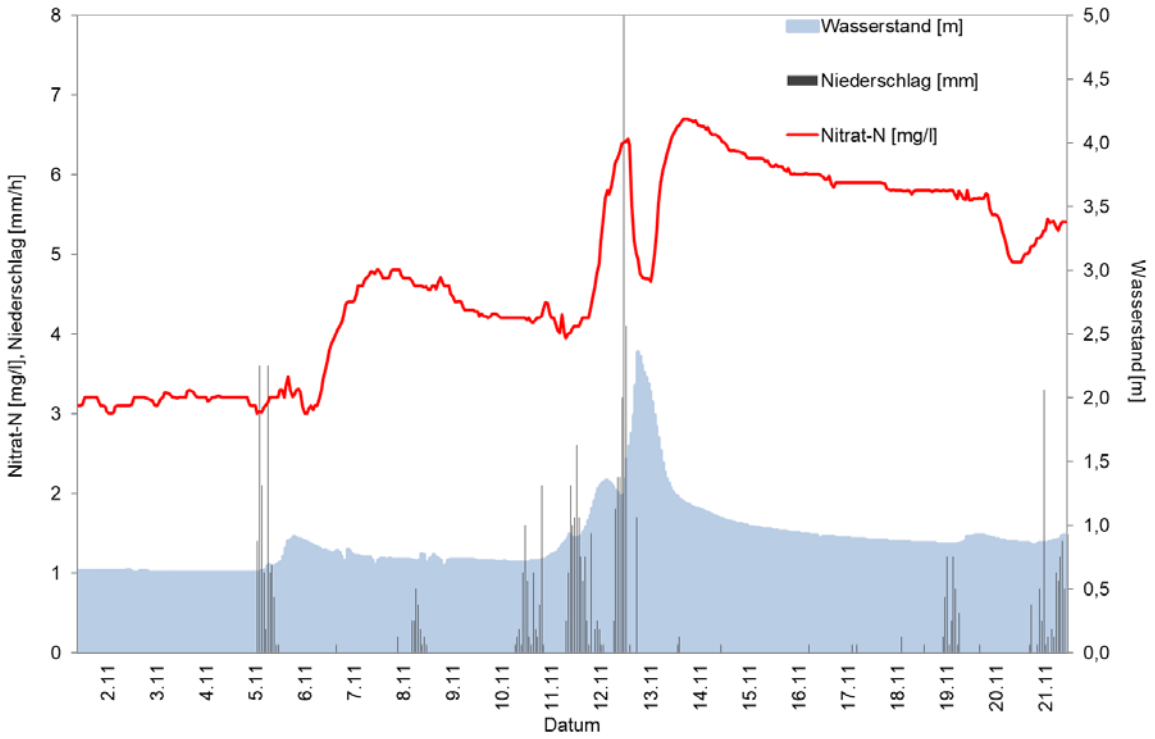


Abbildung 3.1-12: Nitrat-Konzentration durch Einträge über Zwischenabfluss (Station *Bickenaschbacherhof*), Wasserstand (Pegel Bickenalb) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (2. bis 21. November 2017)

Auch hier zeigt der Vergleich der Frachten, dass ein Großteil der Belastung im Gewässer bereits in *Peppenkum* vorhanden ist und nur bei stärkeren Regenfällen Nitrat im saarländischen Teil des Einzugsgebietes mobilisiert und in das Gewässer eingetragen wird (siehe Abbildung 3.1-13).

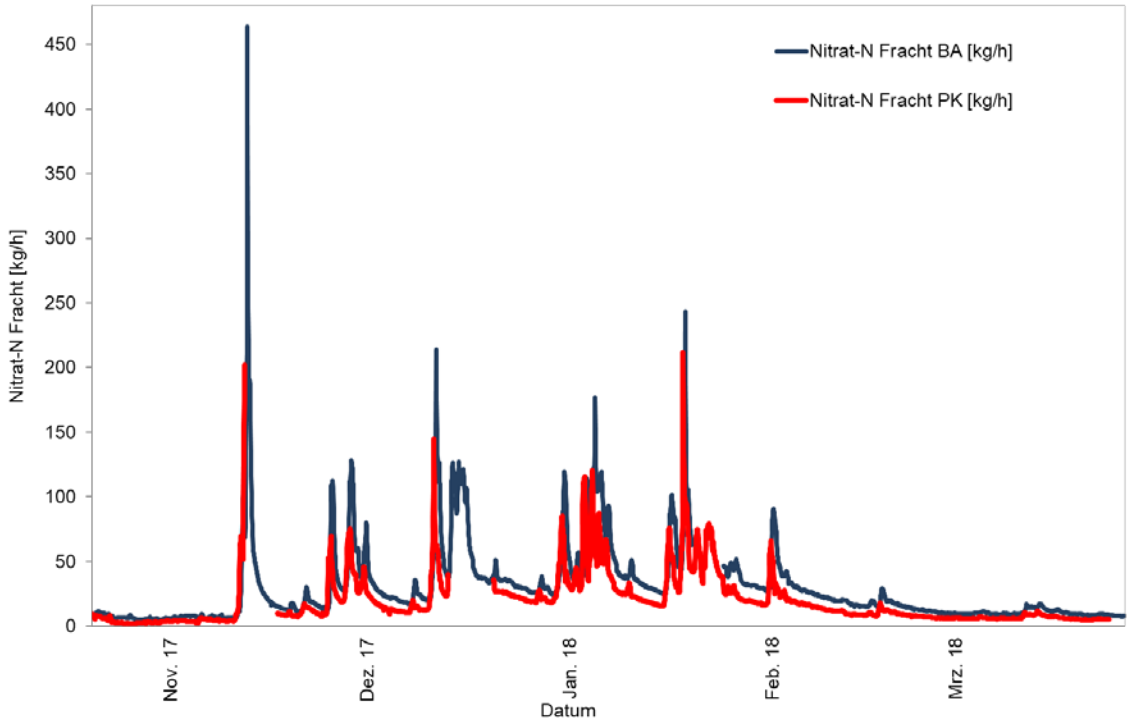


Abbildung 3.1-13: Vergleich der Nitrat-Frachten an den beiden Messstationen in *Peppenkum* und am *Bickenaschbacherhof* (20. Oktober 2017 bis 26. März 2018)

Die Auswaschungen von TOC, partikelgebundenem Phosphor und Nitrat aus landwirtschaftlichen Flächen sind vornehmlich im späten Herbst zu beobachten, wenn die Felder abgeerntet sind und das Fehlen der Pflanzen Erosionsprozessen Vorschub leistet. Zudem lässt in dieser Zeit bereits die biologische Aktivität und somit der Stoffwechsel in den Böden nach. In den darauffolgenden Monaten werden generell kaum noch derartige Auswaschungen verzeichnet, die Nitrat-Gehalte werden bei ansteigenden Wasserständen in der Regel ausschließlich verdünnt.

Wie bereits oben angedeutet wurden bei Regenereignissen neben den flächenhaften Einträgen auch solche aus der kommunalen Mischwasserentlastung festgestellt. Diese zeichnen sich in der Regel durch einen sprunghaften Anstieg der Konzentrationen von gelöstem ortho-Phosphat, TOC sowie auch von Ammonium aus. Diese Art der Einträge konnte ebenfalls an beiden Standorten beobachtet werden (siehe Abbildungen 3.1-14 und 3.1-15).

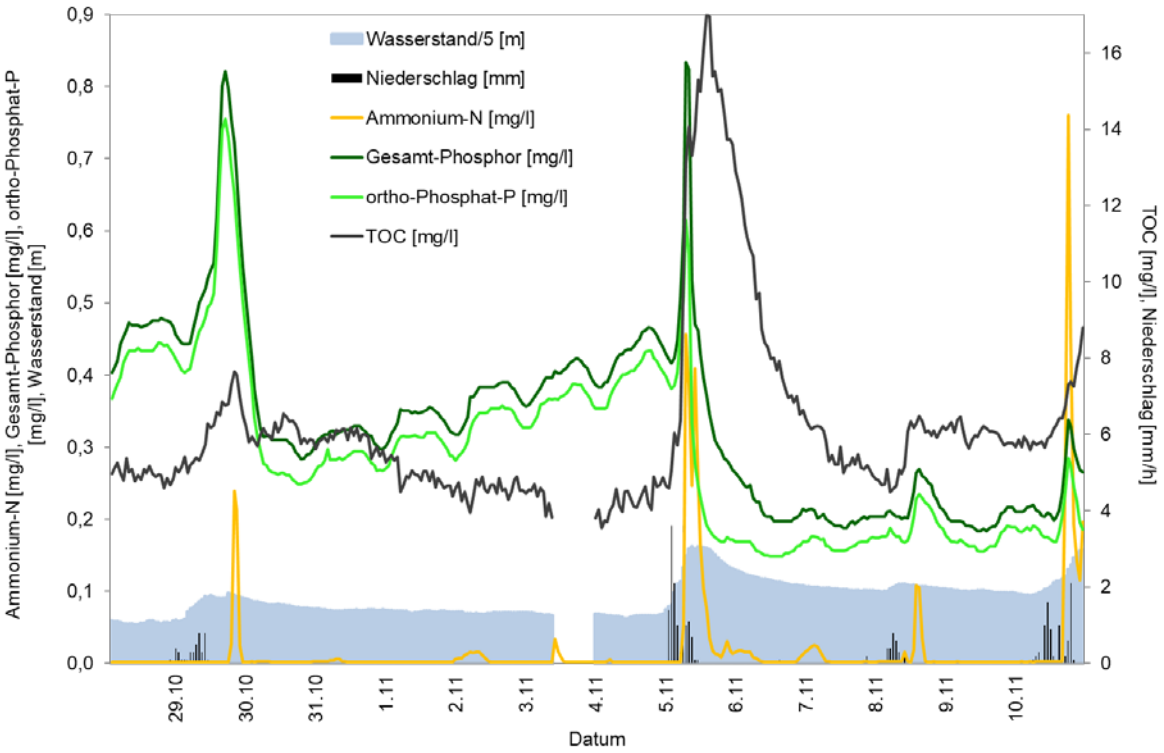


Abbildung 3.1-14: Einträge von ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor, Ammonium und TOC durch Mischwasserentlastung (Station *Peppenkum*,) sowie Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (28. Oktober bis 11. November 2017)

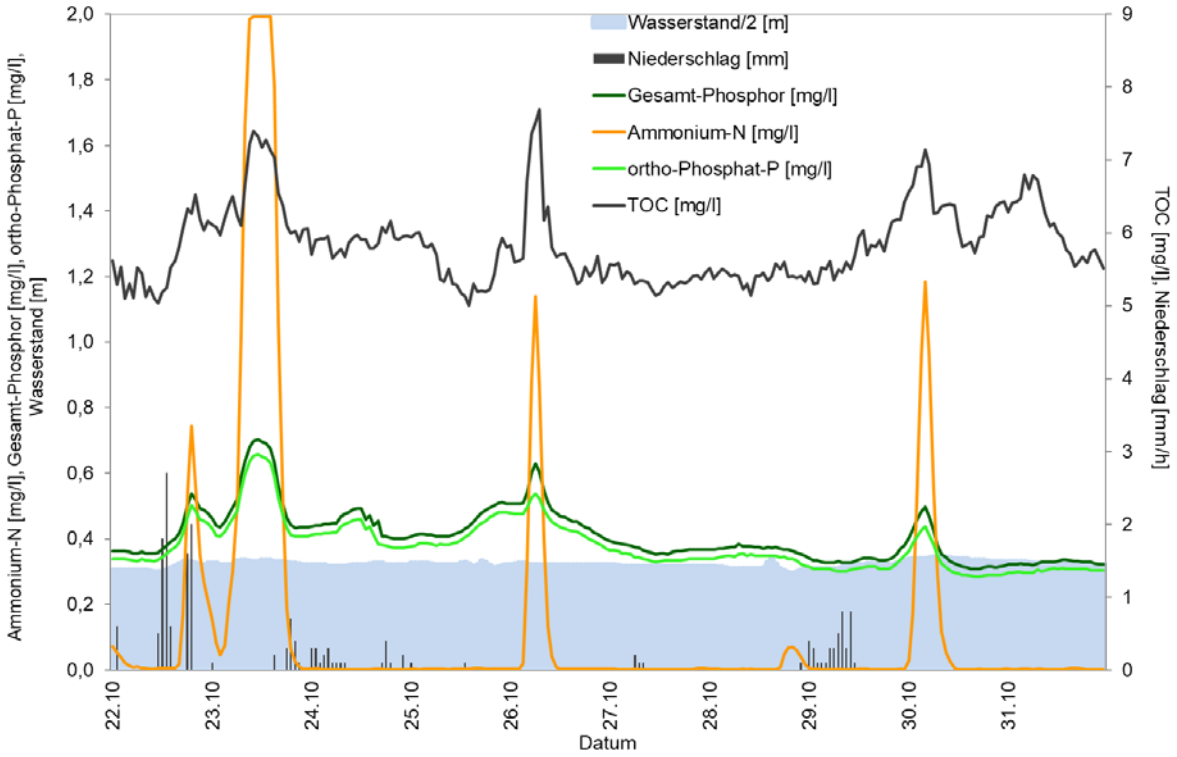


Abbildung 3.1-15: Einträge von ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor, Ammonium und TOC durch Mischwasserentlastung (Station *Bickenaschbacherhof*) sowie Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (28. Oktober bis 11. November 2017)

Zieht man, wie eingangs beschrieben, das Kriterium der Differenz von Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat zur Unterscheidung von Einträgen aus Mischwasserentlastungen und solchen aus Oberflächeneintrag heran, so können an beiden Standorten Einträge aus Mischwasserentlastungen nur bis etwa Mitte November und dann erst wieder ab Februar beobachtet werden. Da derartige Einträge mit Sicherheit auch während der starken Regenfälle in den Wintermonaten stattfanden, liegt der Schluss nahe, dass die Belastungen aus Regenüberläufen u.ä. durch die großen Wassermengen im Gewässer verdünnt und die Auswirkungen von denen der flächenhaften Einträge überlagert wurden.
In den Abbildungen 3.1-16 und 3.1-17 sind alle erfassten Ereignisse an beiden Standorten durch Pfeile markiert, wobei die schwarzen Pfeile die Einträge aus Mischwasserentlastungen kennzeichnen und die roten Pfeile Einträge über Oberflächenabfluss anzeigen.
In Peppenkum wurden 19 Mal Einträge aus Mischwasserentlastung (schwarze Pfeile in den Abbildungen) und 12 Ereignisse von Oberflächeneinträgen (rote Pfeile in den Abbildungen) von jeweils sehr unterschiedlicher Intensität festgestellt, wobei sich die Phänomene gelegentlich überlagern. Zudem lassen sich in der Abbildung die fünf Phasen der Zunahme von ortho-Phosphat bei Trockenwetter deutlich erkennen. Auch zeigt sich, dass die Grundgehalte an Ammonium im Winter sehr viel höher sind als im Sommer, was auf eine erhöhte Abbaurate von Ammonium in der Kläranlage und der Mischwasserentlastungen im Gewässser bei wärmeren Temperaturen zurückzuführen ist. Gleichzeitig unterstreicht dies aber auch die negative Bedeutung der Einträge aus der Kläranlage *Erching* und der Ortslage *Guiderkirch* für die Bickenalb am Standort *Peppenkum*.

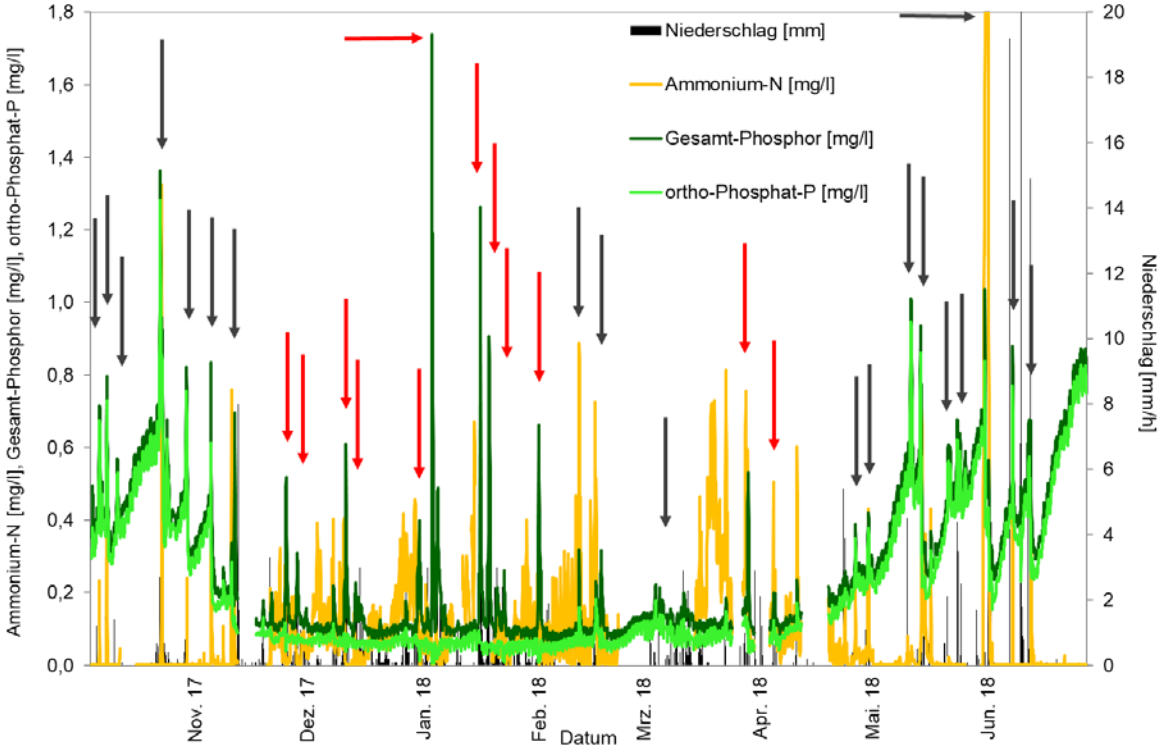


Abbildung 3.1-16: Einträge aus Mischwasserentlastung (schwarze Pfeile) und von Oberflächeneinträgen (rote Pfeile) (Station *Peppenkum*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) über den gesamten Messzeitraum

Am Bickenaschbacherhof konnten – im kürzeren Messzeitraum – 13 Einträge aus Mischwasserentlastung und 6 Ereignisse von Oberflächeneinträgen beobachtet werden.

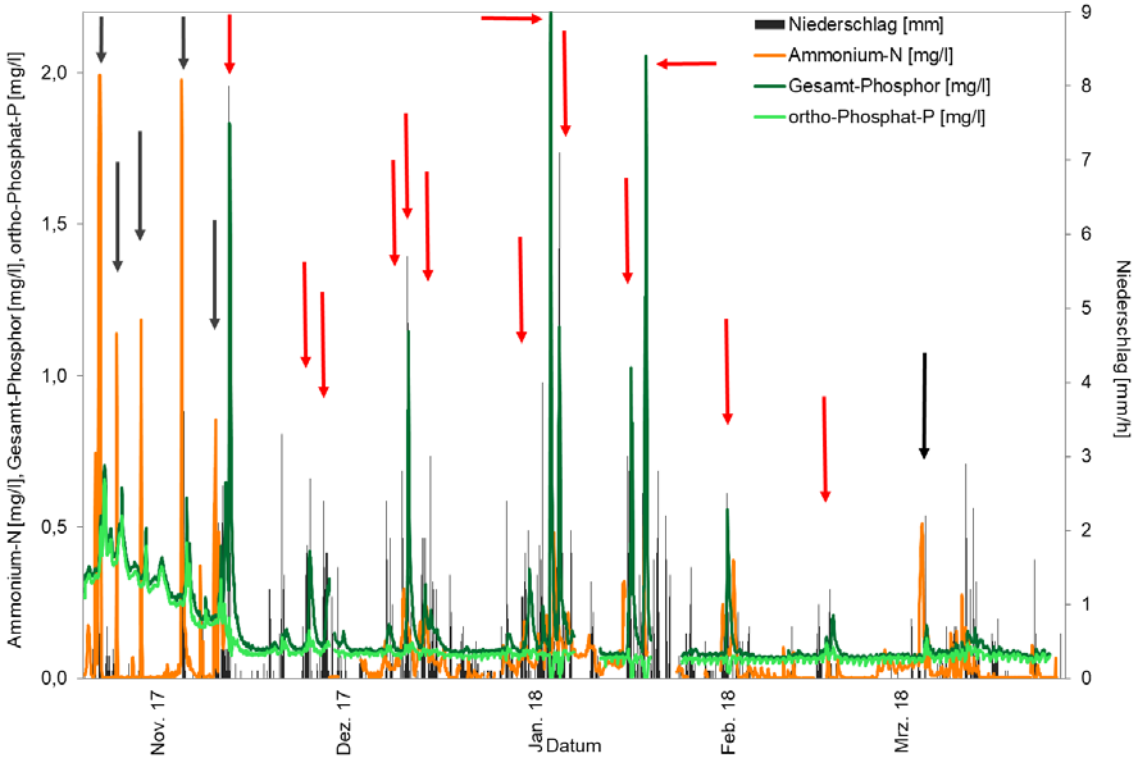


Abbildung 3.1-17: Einträge aus Mischwasserentlastung (schwarze Pfeile) und von Oberflächeneinträgen (rote Pfeile) (Station *Bickenaschbacherhof*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) über den gesamten Messzeitraum

Eine Darstellung der entsprechenden Frachten der einzelnen Parameter findet sich im Anhang in Abbildung 6-8 bis 6-13 und 6-16a bis 6-17b.

Betrachtet man die während der Wintermonate aufgezeichneten Ammonium-Konzentrationen an beiden Standorten genauer, so fällt auf, dass in *Peppenkum* auch in Zeiten mit großen Abflussmengen grundsätzlich Ammonium vorhanden ist. Während der Eintragsereignisse aus Oberflächenabspülungen werden die Ammonium-Gehalte so stark verdünnt, dass kein Ammonium mehr im Wasser nachweisbar ist (siehe Abbildung 3.1-18).

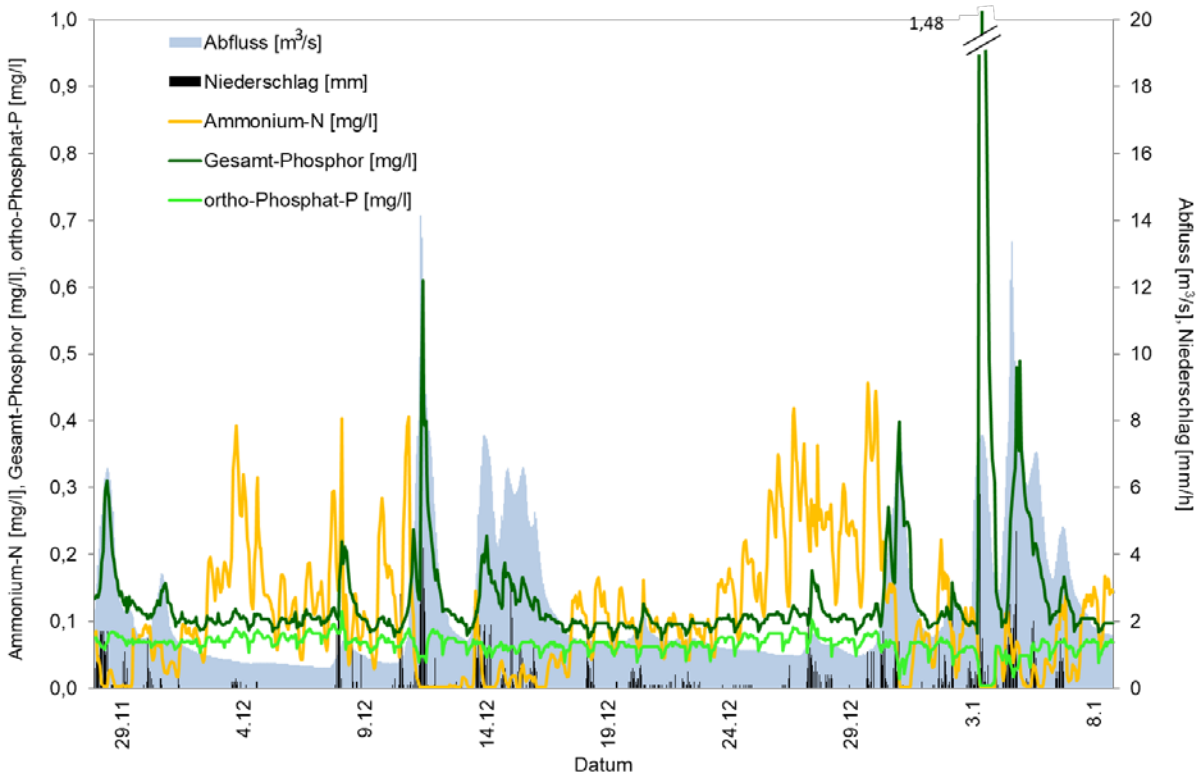


Abbildung 3.1-18: Konzentrationen von ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor und Ammonium sowie Abfluss (Station *Peppenkum*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (28. November 2017 bis 8. Januar 2018)

An der Station am *Bickenaschbacherhof* hingegen sind während abflussärmerer Zeiten keine Ammonium-Belastungen zu verzeichnen, die Ammonium-Konzentration steigt jedoch bei Regenereignissen parallel zu den Gehalten von Gesamt-Phosphor an (siehe Abbildung 3.1-19). Es ist daher zu vermuten, dass dieses Ammonium auch über Oberflächenabspülungen, vermutlich über natürliche Dünger, in das Gewässer eingetragen wird.

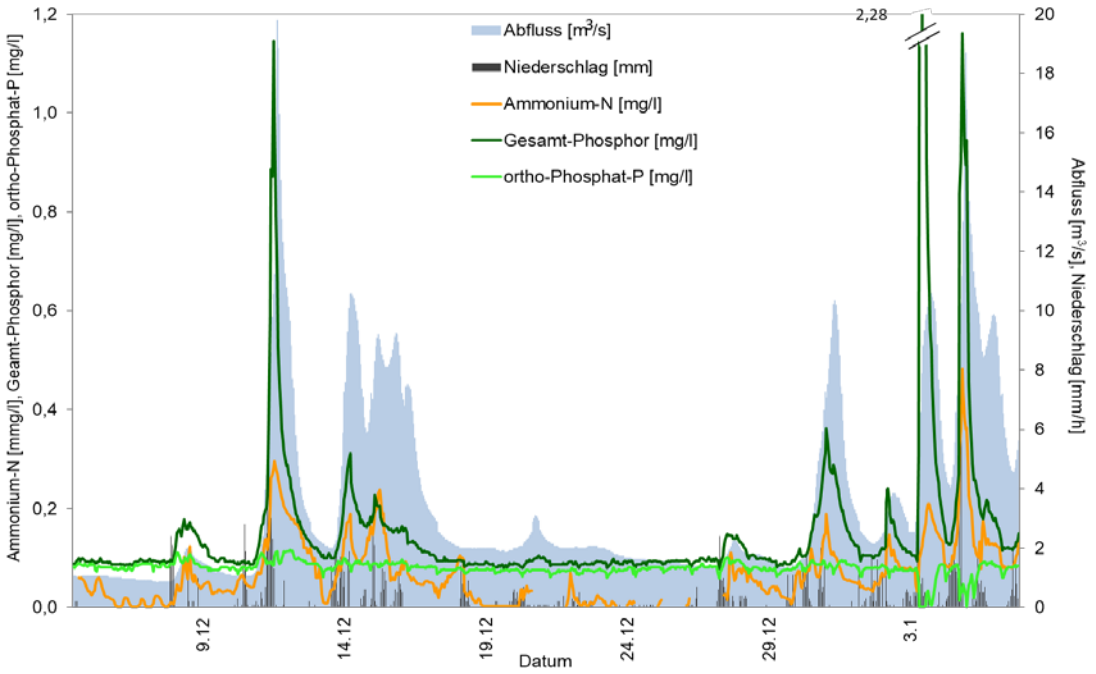


Abbildung 3.1-19: Konzentrationen von ortho-Phosphat, Gesamt-Phosphor und Ammonium (Station *Bickenaschbacherhof*) sowie Abfluss (Pegel Bickenalb) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (4. Dezember 2017 bis 9. Januar 2018)

Im Fall des Standortes *Peppenkum* ist die Situation eindeutig. Die Ammonium-Belastungen stammen, wie auch eingangs für ortho-Phosphat beschrieben, aus der nahegelegenen Kläranlage *Erching* in Frankreich. In Abbildung 3.1-20 zeigen sich neben den Tageszyklen von ortho-Phosphat und Ammonium bei Letzterem auch die für kleinere Kläranlagen typischen Doppelpeaks, die sich dadurch ergeben, dass für gewöhnlich jeweils morgens und abends mehr Abwasser in den Haushalten anfällt als zu anderen Tageszeiten. Die Tageszyklen spiegeln sich in den TOC-Gehalten nicht wider, deutliche Konzentrationsveränderungen lassen sich nur nach Regenfällen erkennen und sind in diesem Fall auf Mischwasserentlastung zurückzuführen.

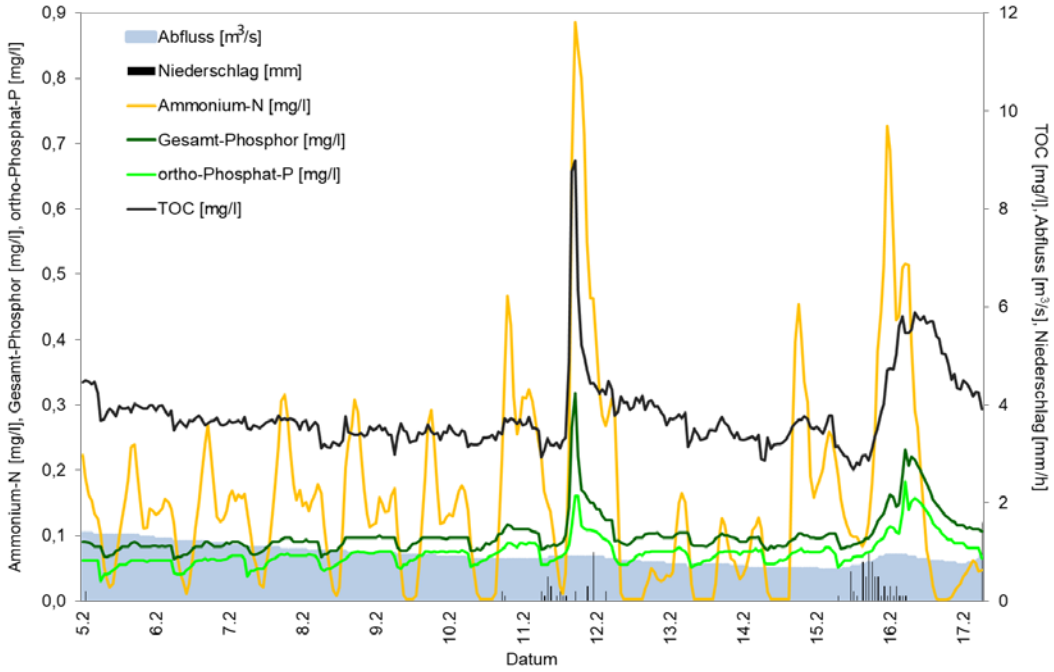


Abbildung 3.1-20: Tageszyklen von Ammonium, ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor sowie TOC-Gehalte und Abfluss (Station *Peppenkum*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (5. bis 17. Februar 2018)

Die erhöhten Ammonium-Belastungen in der Bickenalb 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 7 wird dieser Grenzwert mit 2 µg/l Ammoniak-Stickstoff[8] angegeben.
Während am Standort am *Bickenaschbacherhof* nur kurzfristig sehr hohe Ammoniak-Konzentrationen erreicht werden (siehe Abbildung 3.1-21), ist der kritische Wert von 2 µg/ in *Peppenkum* sehr häufig und auch über längere Zeiträume überschritten (siehe Abbildung 3.1-22). Während des Messzeitraumes wurde ein Maximum von fast 60µg/l erreicht (siehe Abbildung 3.1-23).
An der Bickenalb besteht wegen der natürlicherweise hohen pH-Werte ein besonders hohes Risiko für die Bildung von Ammoniak. Dies ist vor allem dann gegeben, wenn es zu einer zusätzlichen pH-Wert-Verschiebung durch Photosynthese kommt (vgl. auch Abbildungen 3.2-3 bis 3.2-6). Während des Messzeitraumes lagen die Ammoniak-Konzentrationen in *Peppenkum* in Summe über 900 Stunden lang über dem Grenzwert, am *Bickenaschbacherhof*, an dem jedoch der Messzeitraum sehr viel kürzer war, für insgesamt 190 Stunden.

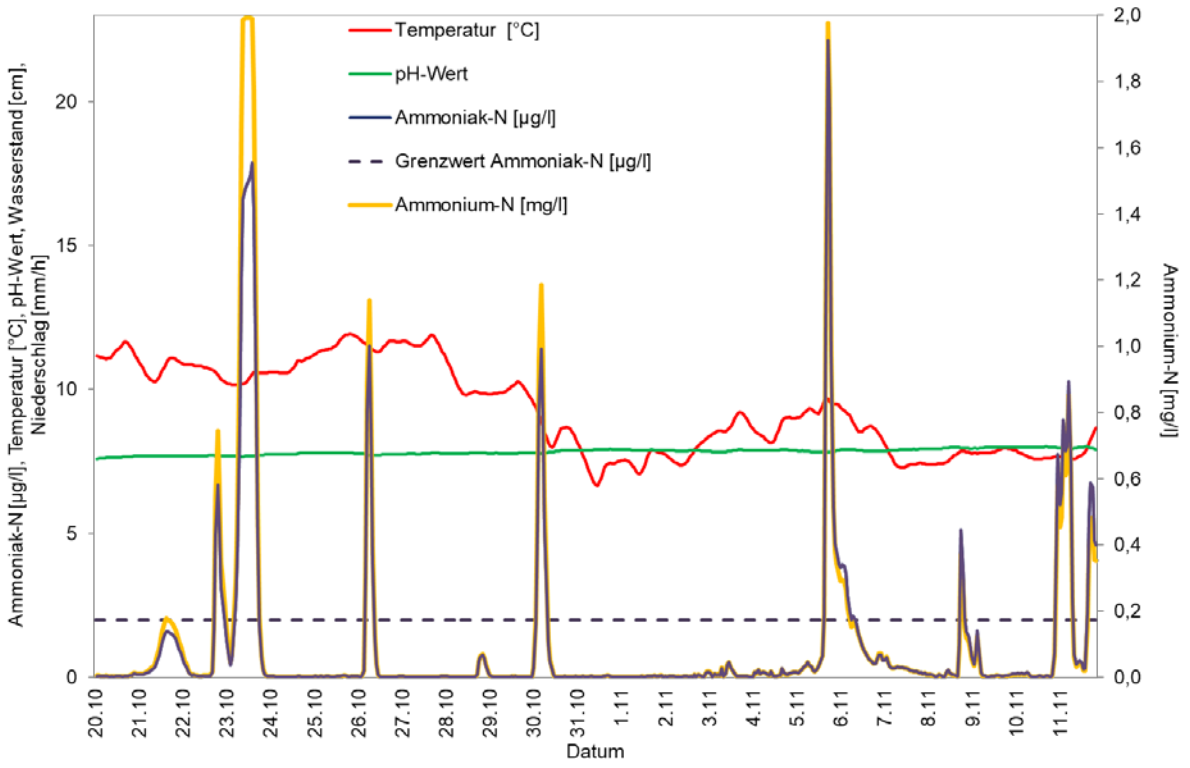


Abbildung 3.1-21: Konzentrationen an Ammoniak in Abhängigkeit von den Ammonium-Gehalten, den Wassertemperaturen und dem pH-Wert (Station *Bickenaschbacherhof*) sowie Ammoniak-Grenzwert gemäß OGewV (20. Oktober bis 11. November 2017)

[8]Anforderung von Ammoniak an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial für Gewässertyp 7 gemäß Anlage 7 (2.1.2) der Oberflächengewässerverordnung OGewV [5] als arithmetisches Mittel aus den Jahresminimalwerten von maximal drei aufeinander folgenden Kalenderjahren

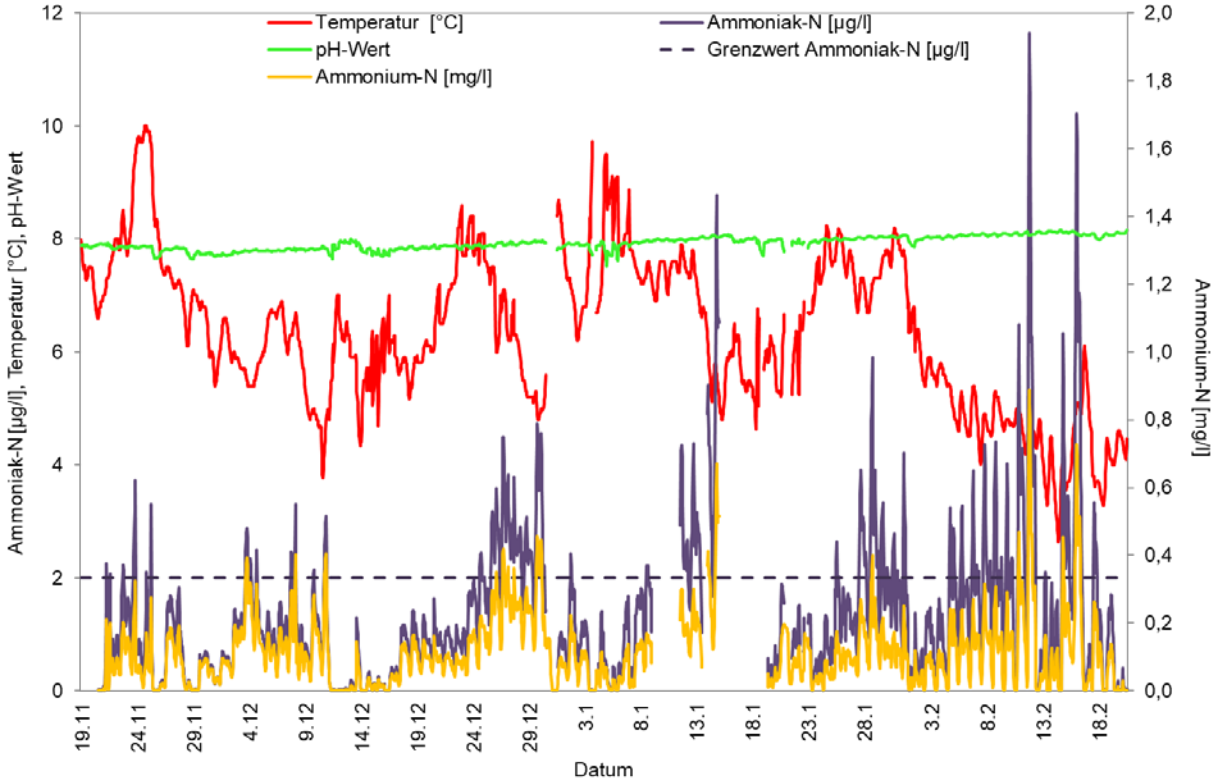


Abbildung 3.1-22: Konzentrationen an Ammoniak in Abhängigkeit von den Ammonium-Gehalten, den Wassertemperaturen und dem pH-Wert (Station *Peppenkum*) sowie Ammoniak-Grenzwert gemäß OGewV (11 November 2017 bis 18. Februar 2018)

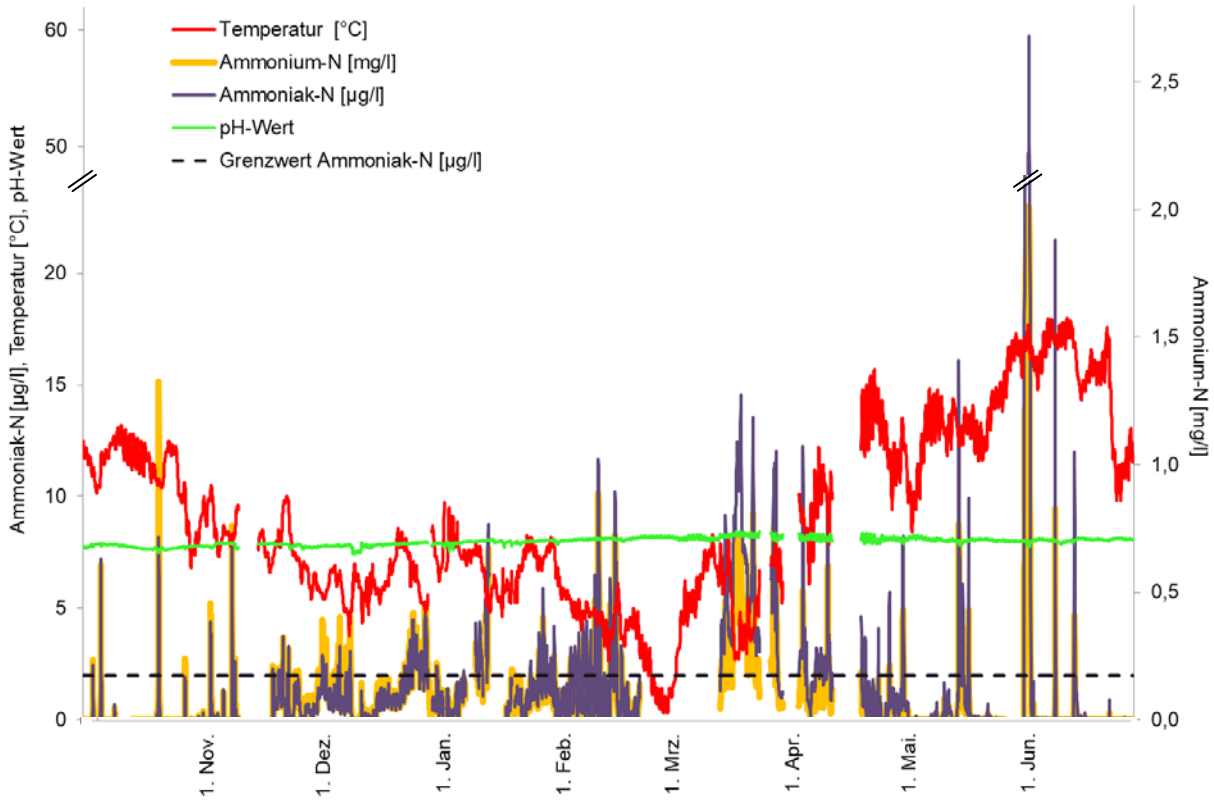


Abbildung 3.1-23: Konzentrationen an Ammoniak in Abhängigkeit von den Ammonium-Gehalten, den Wassertemperaturen und dem pH-Wert (Station Peppenkum) sowie Ammoniak-Grenzwert gemäß OGewV über den gesamten Messzeitraum

Die TOC-Gehalte zeigen in *Peppenkum* kaum eine Beeinflussung durch die Kläranlage. Viel eher deutet ein hoher Zusammenhang zwischen TOC und partikelgebundenem Phosphor darauf hin, dass Einträge von TOC hauptsächlich durch Oberflächenabspülungen verursacht werden (siehe Abbildung 3.1-24).

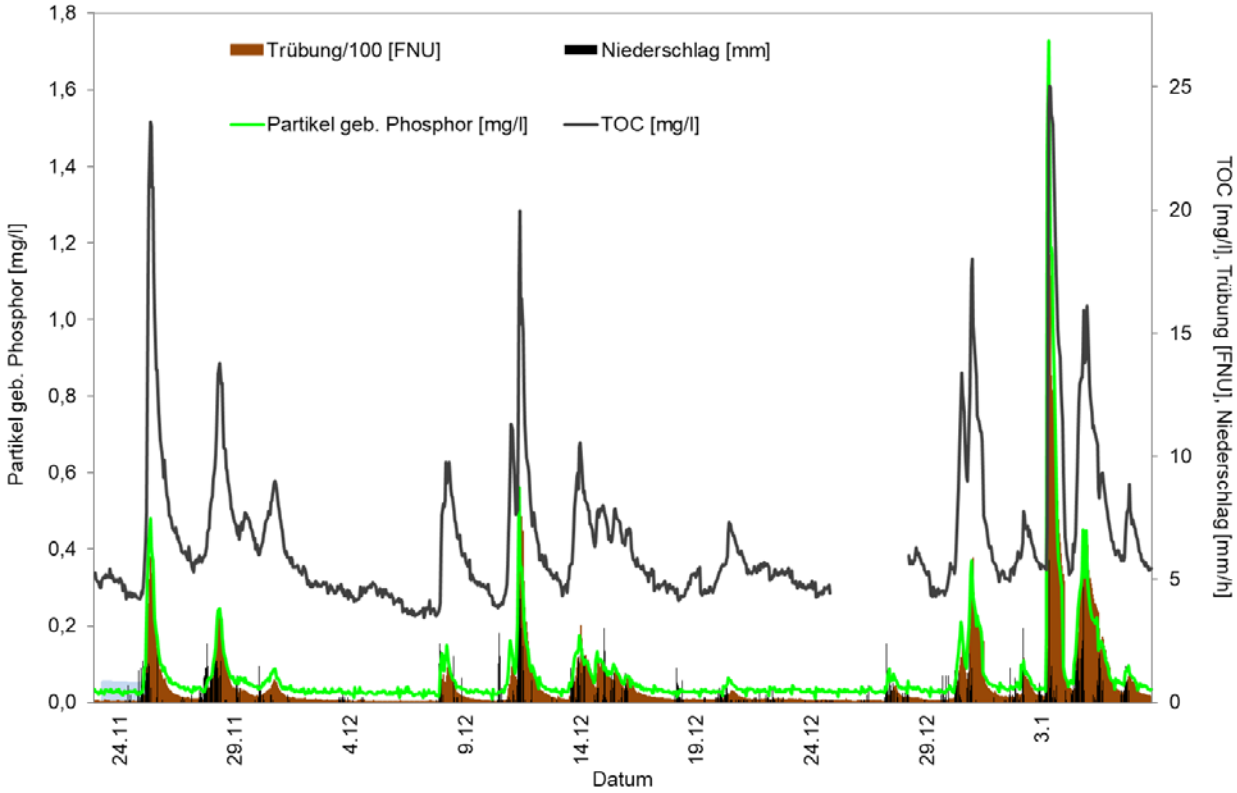


Abbildung 3.1-24: Gehalte von partikelgebundenem Phosphor und TOC sowie Trübung (Station Peppenkum) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (23 November 2017 bis 3. Januar 2018)

Bemerkenswert ist, dass die TOC-Konzentrationen an beiden Standorten vor allem während Trockenphasen vergleichbar hoch sind (siehe Abbildung 3.1-25). Dieses Phänomen konnte auch an anderen Fließgewässern beim Vergleich der TOC-Gehalte unterschiedlicher Standorte festgestellt werden.

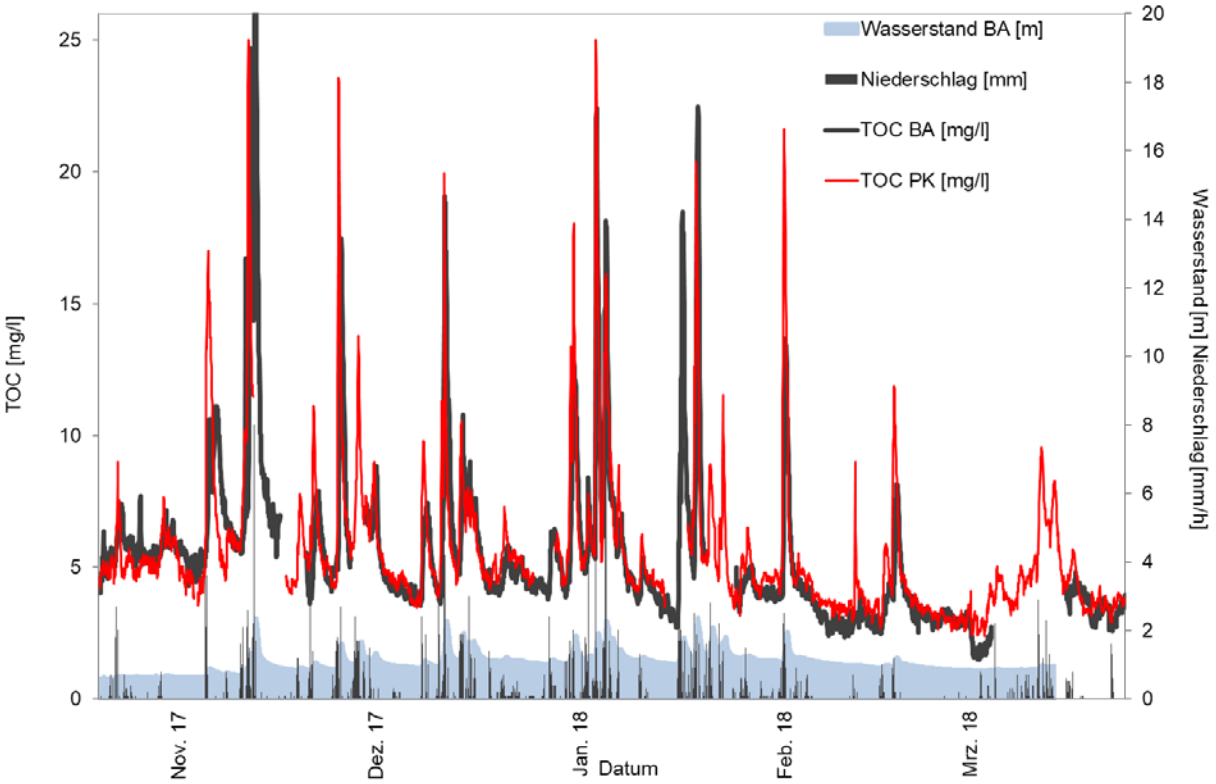


Abbildung 3.1-25: Gehalte an TOC (Stationen *Peppenkum* und *Bickenaschbacherhof*), Wasserstand (Station *Bickenaschbacherhof*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (20. Oktober 2017 bis 16. März 2018)

TOC ist ein Summenparameter für organischen Kohlenstoff und erfasst daher eine Vielzahl unterschiedlicher Komponenten. Von außen eingetragenes, allochthones TOC wird, je nach den chemisch-physikalischen und den biologischen Bedingungen in einem Gewässer mehr oder weniger schnell abgebaut. Zudem bildet sich im Gewässer selbst autochthones organisches Material, das ebenfalls durch die TOC-Messung erfasst wird. Aufgrund der hohen Dynamik der Umsetzungsprozesse von Kohlenstoff ist eine Betrachtung des Transportes von TOC im Gewässer nicht zielführend.

An zwei Standorten der Sauerstoff-Flöße (Messpunkte 2 und 3, vgl. Kapitel 2.2) wurden dreimal Stichproben entnommen und die Nährstoffgehalte ermittelt. Dabei wurden erwartungsgemäß am Standort in *Peppenkum* die höchsten Konzentrationen an Ammonium und Nitrit sowie Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat gemessen, die Gehalte nehmen im Flussverlauf ab (siehe Abbildung 3.1-26 und 3.1-27). Die Nitrat- und TOC-Konzentrationen sind an allen Standorten ähnlich hoch.

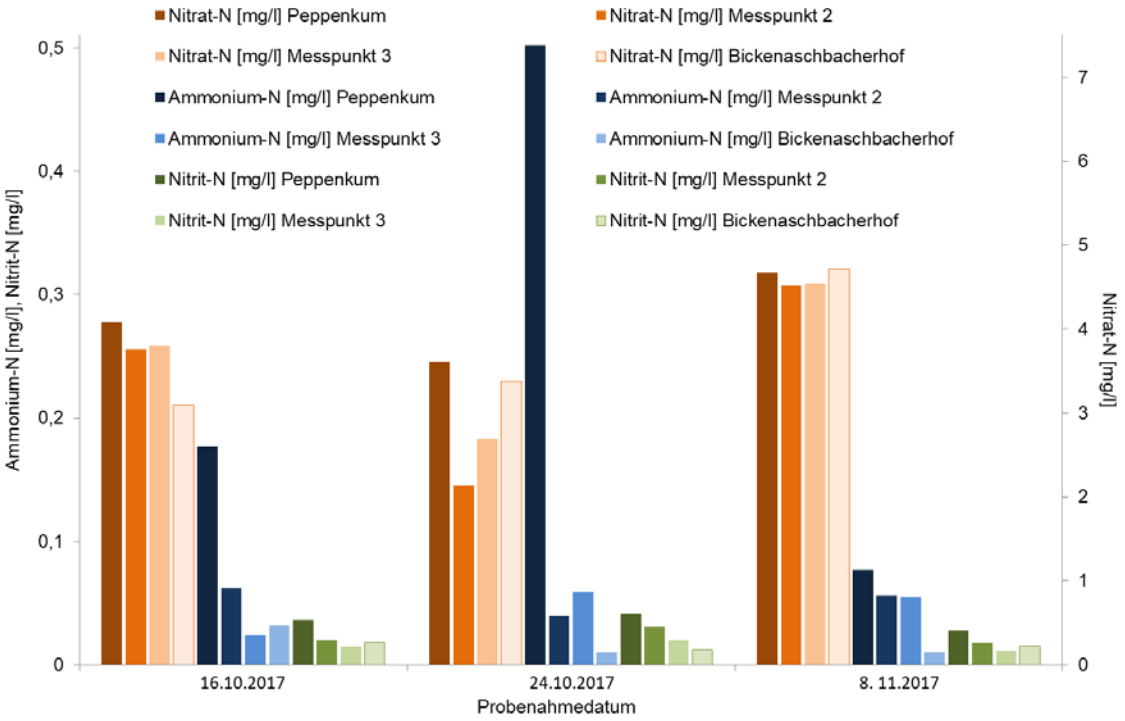


Abbildung 3.1-26: Gehalte an Nitrat, Ammonium und Nitrit (Stationen *Peppenkum* und *Bickenaschbacherhof* sowie Messpunkte 2 und 3) (16. und 24. Oktober sowie 8. November 2017)

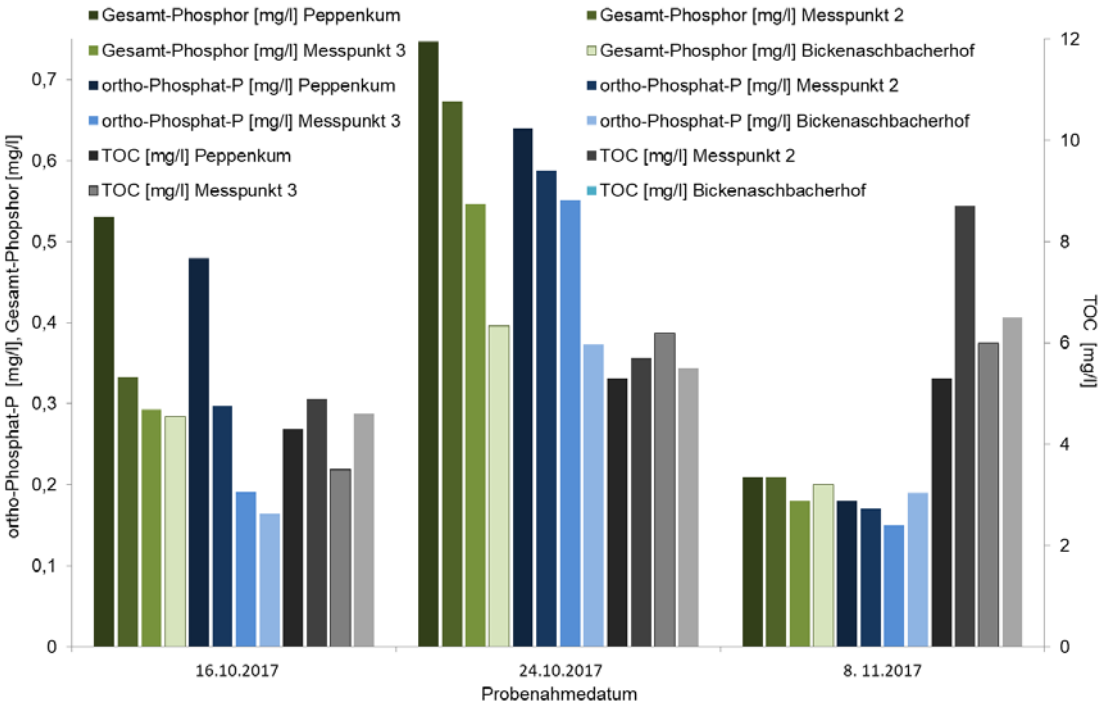


Abbildung 3.1-27: Gehalte an ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor sowie TOC (Stationen *Peppenkum* und *Bickenaschbacherhof* sowie Messpunkte 2 und 3) (16. und 24. Oktober sowie 8. November 2017)

Um die Situation im Einzugsgebiet besser beurteilen zu können, wurden zudem Daten der Grundwasserüberwachung herangezogen. Im saarländischen Teil des Bickenalb-Einzugsgebietes gibt es vier Bohrungen, die regelmäßig durch das LUA und die Stadtwerke Bliestal beprobt werden. Die folgende Betrachtung basiert auf den Mittelwerten der Ergebnisse der Jahre 2008 bzw. 2013 bis 2016[9], welche in der Karte den Bohrungen räumlich zugeordnet sind (siehe Abbildung 3.1-28).
Es wird ersichtlich, dass die Gehalte an Nitrat-N im Grundwasser sehr variieren.
In zwei der Bohrungen sind sie vernachlässigbar gering, hingegen wurden in den beiden Bohrungen in *Medelsheim* sowie in *Altheim* 1 (in allen Jahren gleichbleibend) sehr hohe Konzentrationen gemessen, obwohl das Nitrat-Rückhaltevermögen im gesamten Einzugsgebiet generell als eher gering, in Gewässernähe streckenweise als mittel eingestuft wird (siehe Abbildung 6-7 im Anhang).
Umgekehrt verhält es sich mit den Phosphor-Konzentrationen, diese sind in denjenigen Bohrungen mit hohen Nitrat-Gehalten sehr gering. Die Proben stammen allerdings aus unterschiedlichen Tiefen: während sich die Entnahmestelle in *Medelsheim* oberflächennah befindet, so handelt es sich bei den Bohrungen 1 bis 3 um ausgebaute Bohrungen mit zunehmender Tiefe (180m bis 334m). Je näher die Entnahme an der Oberfläche liegt, desto mehr Nitrat und Salze (höhere Leitfähigkeit) sind enthalten, die Konzentrationen von Phosphor steigen mit zunehmender Bohrtiefe.
Auffällig ist auch, dass die pH-Werte in allen Bohrungen sehr gering sind zu den in der Bickenalb und ihren Nebengewässern gemessenen Werten, welche immer deutlich über 8 bewegen.
Es kann davon ausgegangen werden, dass durch das Grundwasser aus dem Bereich um die Bohrung in *Medelsheim* Nitrat und im Bereich der Bohrung 3 in *Altheim* Nitrat in die Bickenalb eingetragen wird. Der Anteil dieser Eintragspfade am jeweiligen Gesamt-Gehalt im Gewässer ist dabei besonders hoch in Trockenzeiten, also während der Phasen, in denen das Gewässer verstärkt über den Basisabfluss gespeist wird. Als Grundkonzentrationen konnten an der Station Bickenaschbacherhof in derartigen Zeiten etwa 0,07 mg/l ortho-Phosphat-P und etwa 4 mg/l Nitrat-N ermittelt werden.

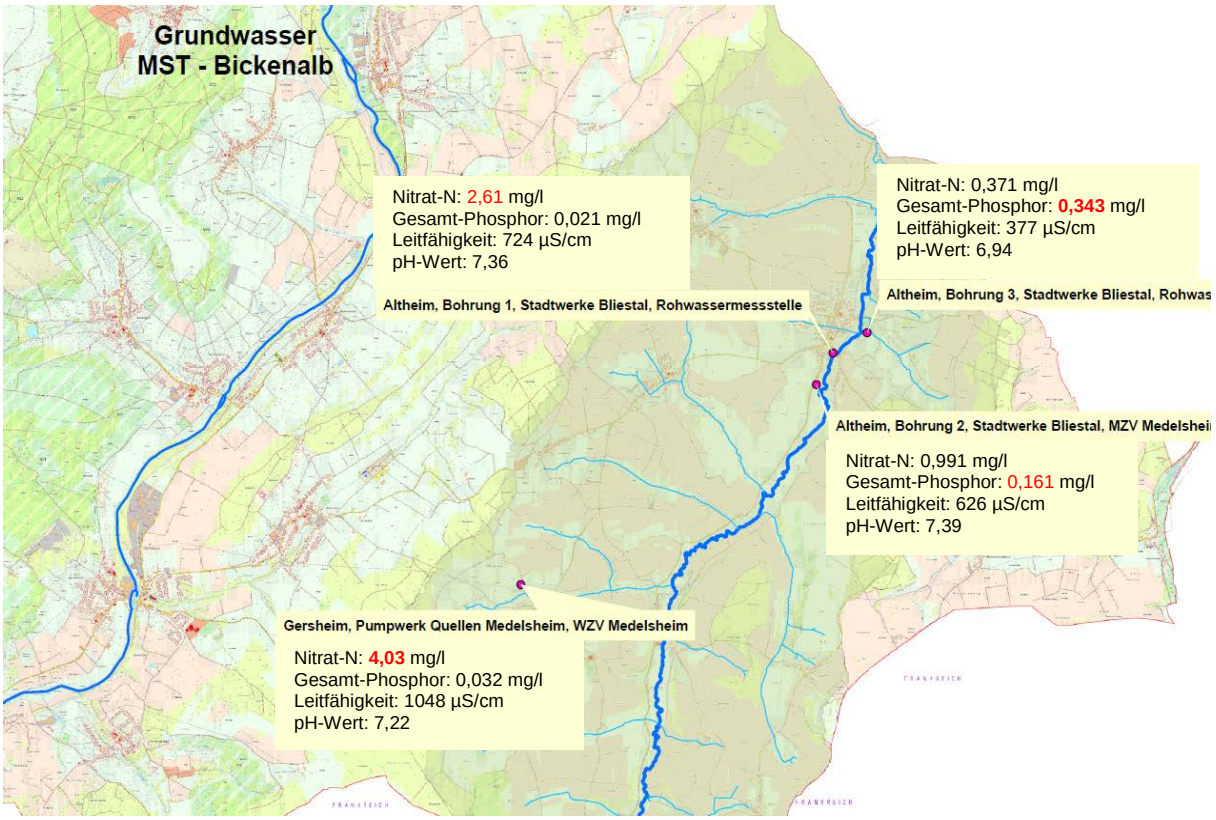


Abbildung 3.1-28: Lage der Grundwasser-Beprobungsstellen im Einzugsgebiet und ausgewählte Messergebnisse (Mittelwerte) (Maßstab ca. 1:45.000; Quelle: MUV)

[9] Berücksichtigter Beprobungszeitraum und Frequenzen der Probenahme:
Pumpwerk *Medelsheim* im Jahr 2013 und 2014 6 Mal pro Jahr 2015 und im Jahr 2016 4 Mal pro Jahr;
Alle drei Bohrung in *Altheim* in den Jahren 2008 bis 2016 ein Mal jährlich

3.2 Chemisch-physikalische Messgrößen

Der Messzeitraum zeichnete sich klimatisch nicht nur durch hohe Niederschlagsmengen, sondern auch durch milde Temperaturen im Winter und einen starken Temperaturabfall Anfang Februar aus (vgl. auch Abbildung 6-6 im Anhang). Ab Anfang März nahmen die Temperaturen dann wieder deutlich zu. Bei kleinen, dynamischen Fließgewässern wie der Bickenalb wirken sich die Schwankungen der Lufttemperaturen unmittelbar auf die Wassertemperatur aus. Dies wird durch die Messergebnisse in Abbildung 3.2-1 verdeutlicht. Die dargestellten Wassertemperaturen, die mit Hilfe der online-Messstationen in *Peppenkum* (PK) und *Bickenaschbacherhof* (BA) sowie der in Kapitel 2.1 beschriebenen Flößen an den Messpunkten MP 1 bis MP 3 aufgenommen wurden, weisen nur marginale Unterschiede an den verschiedenen Messstandorten auf.

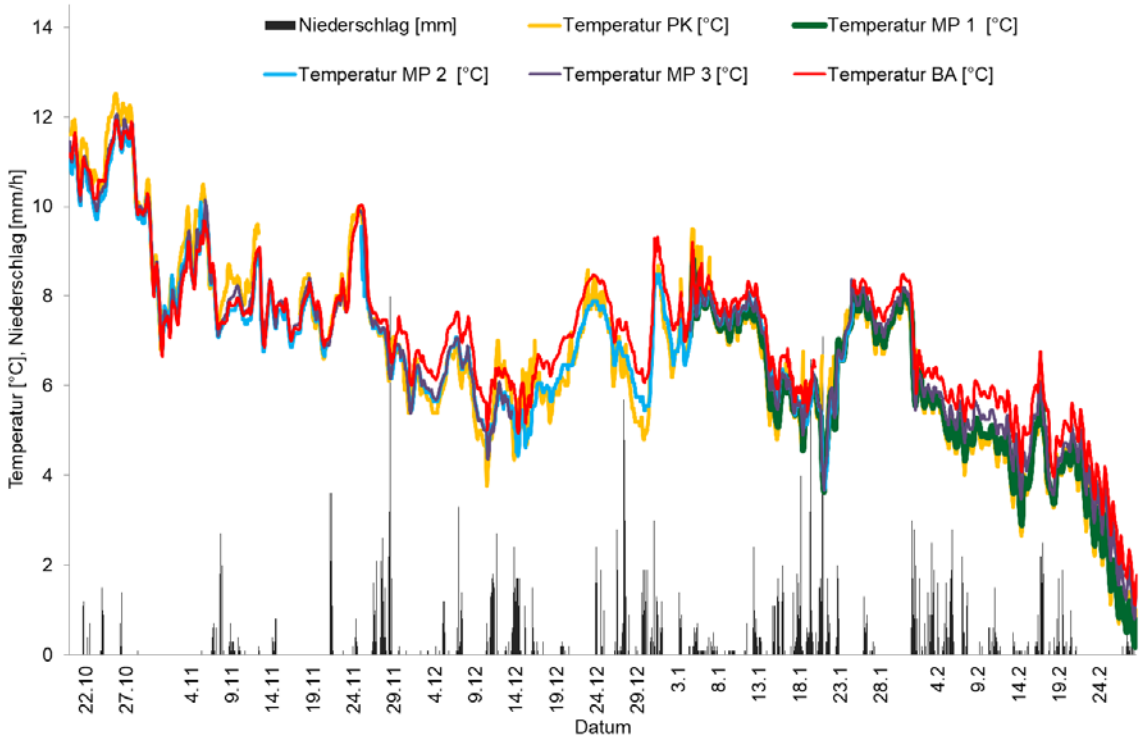


Abbildung 3.2-1: Wassertemperaturen in *Peppenkum* (PK), an den Messpunkten (MP) 1 bis 3 und am *Bickenaschbacherhof* (BA) sowie Niederschlag (Wetterstation *Assweiler)* (22. Oktober 2017 bis 24. Februar 2018)

Der Vergleich der entsprechenden Sauerstoff-Messungen zeigt, dass auch hier die Sauerstoff-Gehalte an den Messpunkten 1 bis 3 und am *Bickenaschbacherhof* kaum Unterschiede aufweisen. (siehe Abbildung 3.2-2). In den meisten Fällen gilt dies auch für den Messstandort in *Peppenkum*, allerdings kommt es von Ende November bis Anfang Februar immer wieder zu Phasen, in denen die Sauerstoff-Gehalte sehr viel geringer sind als an den anderen Messstandorten.

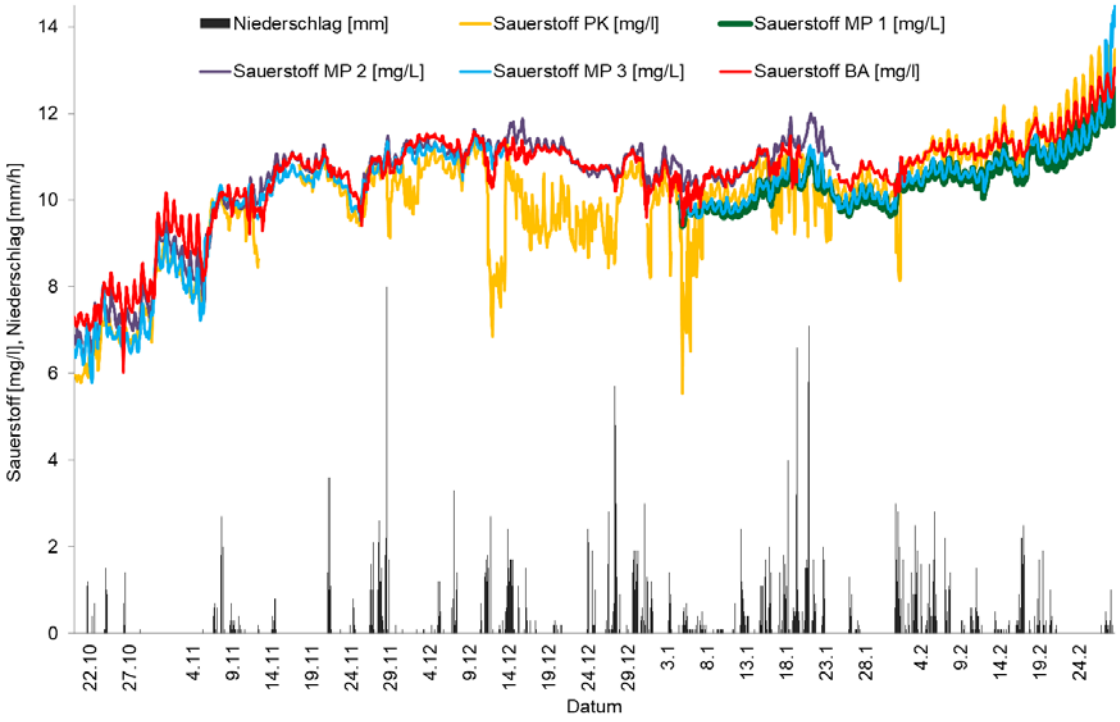


Abbildung 3.2-2: Sauerstoff-Gehalte in *Peppenkum* (PK), an den Messpunkten (MP) 1 bis 3 und am *Bickenaschbacherhof* (BA) sowie Niederschlag (Wetterstation *Assweiler)* (22. Oktober 2017 bis 24. Februar 2018)

Diese Sauerstoff-Defizite an der grenznahen Station in *Peppenkum* fallen mit den in Kapitel 3.1 beschriebenen Ereignissen zusammen, bei denen es zu Einträgen aus Oberflächenabspülungen aus dem französischen Teil des Einzugsgebietes kommt. In Abbildung 3.2-3 sind die Sauerstoff-Konzentrationen an der Station in *Peppenkum* zusammen mit einigen Nährstoffen für den entsprechenden Zeitraum dargestellt. Bei diesen Ereignissen wird TOC und partikelgebundener Phosphor in das Gewässer eingetragen. Die Ammonium-Gehalte, die sich auf die Kläranlage *Erching* zurückführen lassen, werden dabei verdünnt. In der Regel wird jedoch gerade beim Abbau von Ammonium im Gewässer besonders viel Sauerstoff gezehrt. Während der abgebildeten Ereignisse treten die Verdünnung von Ammonium und der Rückgang der Sauerstoff-Gehalte allerdings immer zeitgleich auf. Die Sauerstoff-Zehrung wird in diesen Fällen also eher durch den Eintrag anderer organischer Substanzen, die z.B. mit Hilfe des Summenparameters TOC erfasst werden, verursacht.

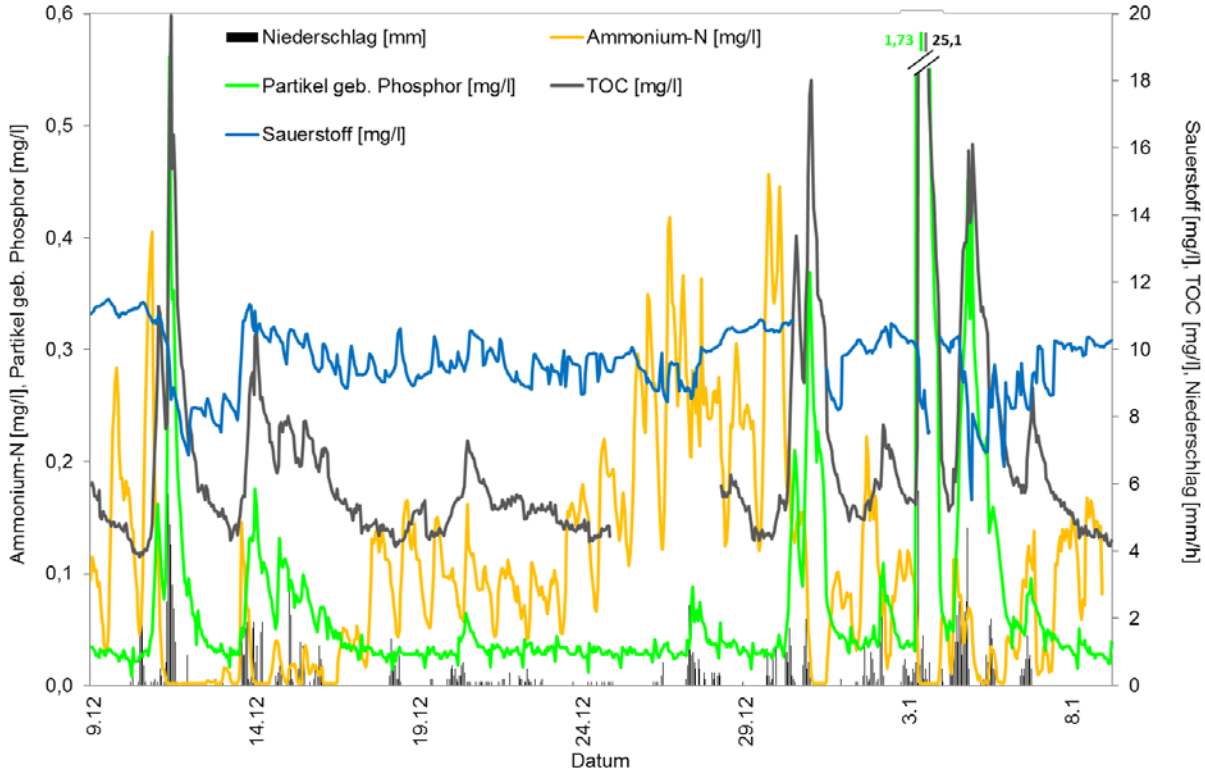


Abbildung 3.2-3: Konzentrationen von Sauerstoff, Ammonium, TOC und partikelgebundenem Phosphor (Station *Peppenkum*) und Niederschlag (Wetterstation *Assweiler*) (9. Dezember 2017 bis 8. Januar 2018)

Die Sauerstoff-Gehalte erholen sich aufgrund der geringen Wassertemperaturen in diesem Zeitfenster sehr schnell, so dass bereits am Messpunkt in der Ortsmitte von *Peppenkum* wieder mit den unterhalb gelegenen Messpunkten vergleichbare Werte erfasst werden können (vgl. Abbildung 3.2-2).
Dennoch liegen an allen fünf Messstandorten die Sauerstoff-Konzentrationen zu jedem Zeitpunkt unter der theoretischen physikalischen Sättigung bei Normaldruck. Dies lässt sich, wie in den Abbildungen 3.2-4 bis 3.2-6 gezeigt, durch die Auftragung der Sauerstoff-Gehalte in Abhängigkeit von der Temperatur darstellen. Zu beachten sind hierbei die unterschiedlich langen Zeiträume, in denen die Messdaten erhoben wurden. Die einzigen Messwerte oberhalb der Sättigungskurve am Messpunkt 3 wurden Ende Februar zu Beginn der Entwicklung der Algen und Grünpflanzen im Gewässer (siehe unten) gemessen.

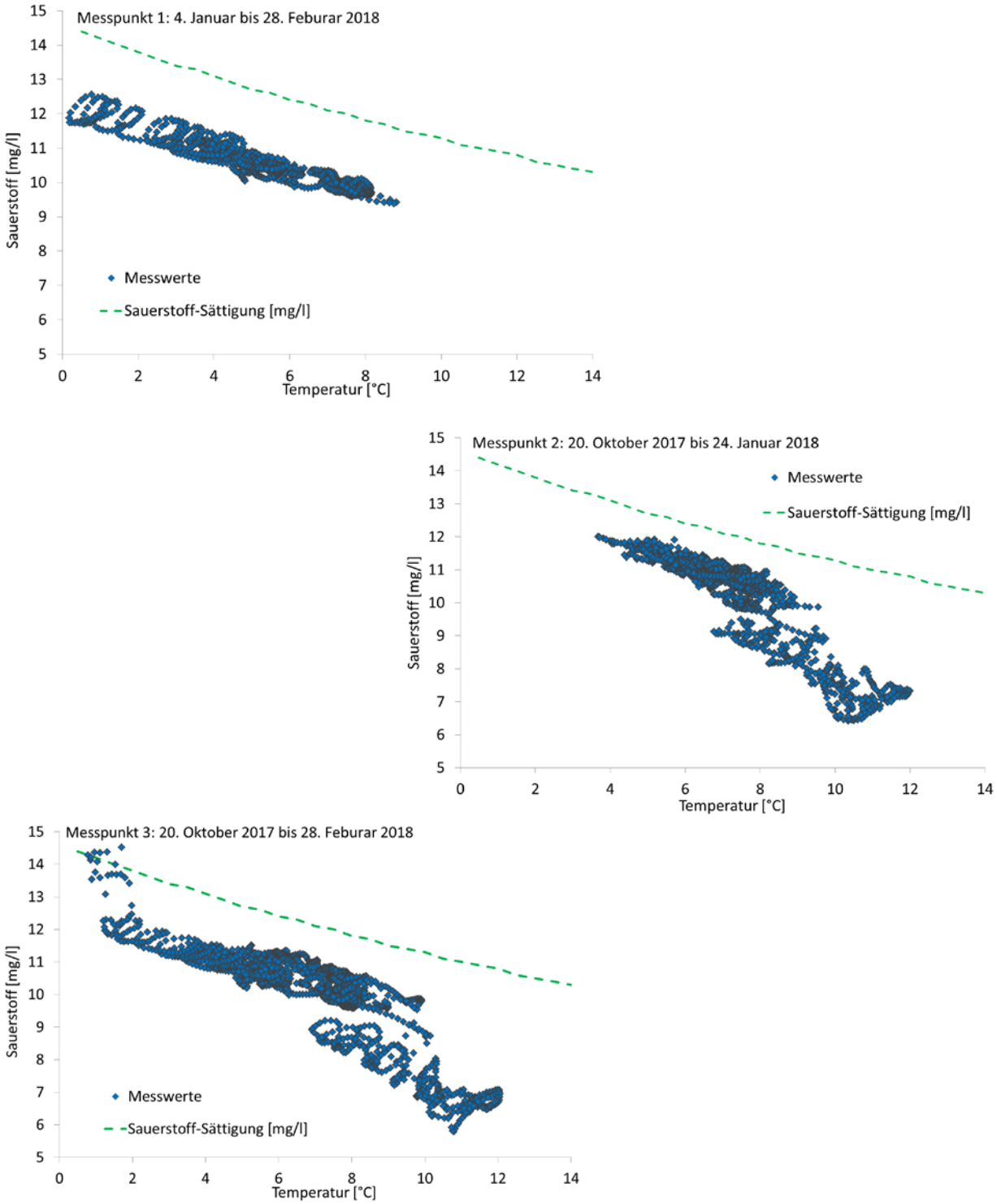


Abbildung 3.2-4: Sauerstoff- Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur am Messpunkt 1 (4. Januar bis 28. Februar 2018) (oben), am Messpunkt 2 (17. Oktober 2017 bis 28. Februar 2018) (Mitte) und am Messpunkt 3 (17. Oktober 2017 bis 24. Januar 2018) (unten) sowie die theoretische Sauerstoff-Sättigung bei Normaldruck

An beiden Messstationen liegen die Sauerstoff-Konzentrationen nur gelegentlich während der Frühjahrswochen (siehe rot markierte Daten in den Abbildungen) im Tagesverlauf über dem Sättigungswert, wenn durch die beginnende Photosynthese der Algen und Grünpflanzen im Wasser Sauerstoff produziert wird (siehe Abbildung 3.2-5 und 3.2-6). Am Standort in *Peppenkum* treten diese Übersättigungen etwas früher auf als am *Bickenaschbacherhof*.

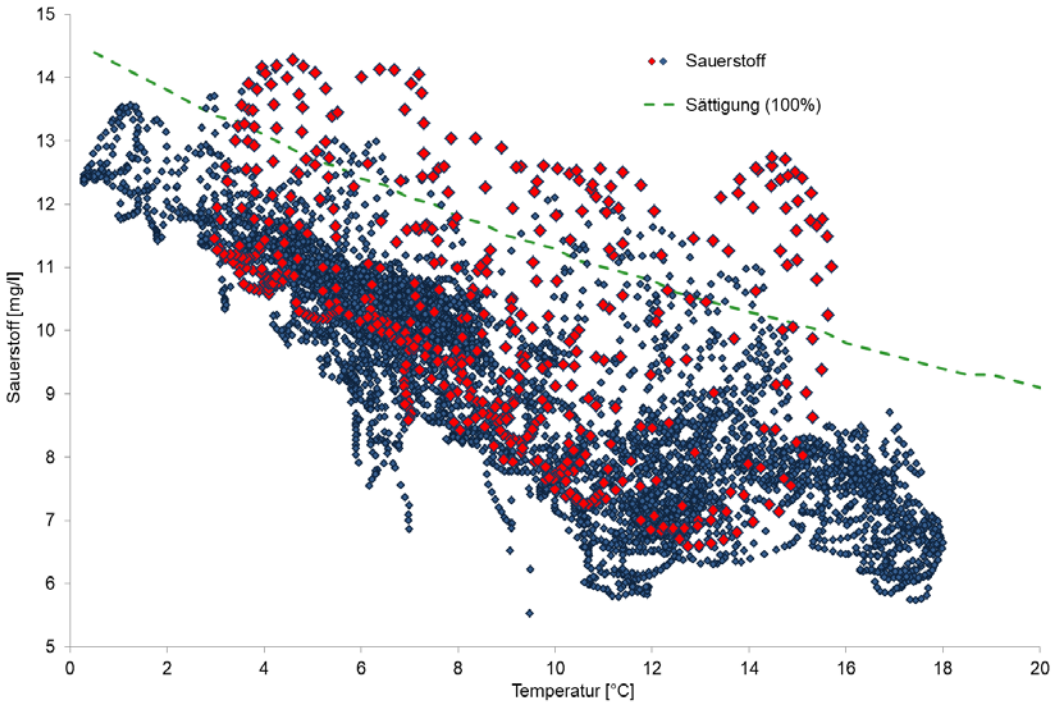


Abbildung 3.2-5: Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Peppenkum*) (4. Oktober 2017 bis 26. Juni 2018; rot markierte Daten: 19. März bis 22. April 2018) sowie die theoretische Sauerstoff-Sättigung

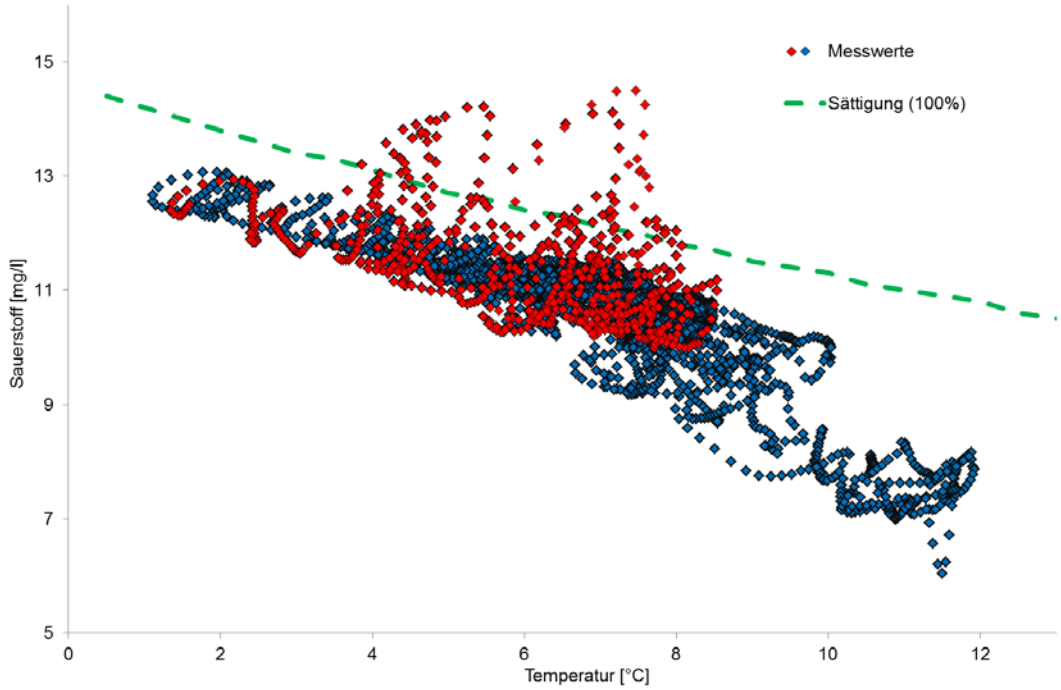


Abbildung 3.2-6: Sauerstoff-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur (Station *Bickenaschbacherhof*) (20. Oktober 2017 bis 26. März 2018; rot markierte Daten: 1. März bis 25. März 2018) sowie die theoretische Sauerstoff-Sättigung

Ähnliche Beobachtungen wurden auch durch die französischen Überwachungsbehörden gemacht. In der folgenden Abbildung sind die Daten der Sauerstoff-Sättigung der Bickenalb in *Erching* in Frankreich während der Beprobungen in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016 dargestellt[10] (siehe Abbildung 3.2-7). An der Messstelle in *Erching* liegen die Sauerstoff-Gehalte ebenfalls meist deutlich unter dem Sättigungsbereich. Die einzelnen Werte darüber wurden im Frühjahr oder im Sommer gemessen.

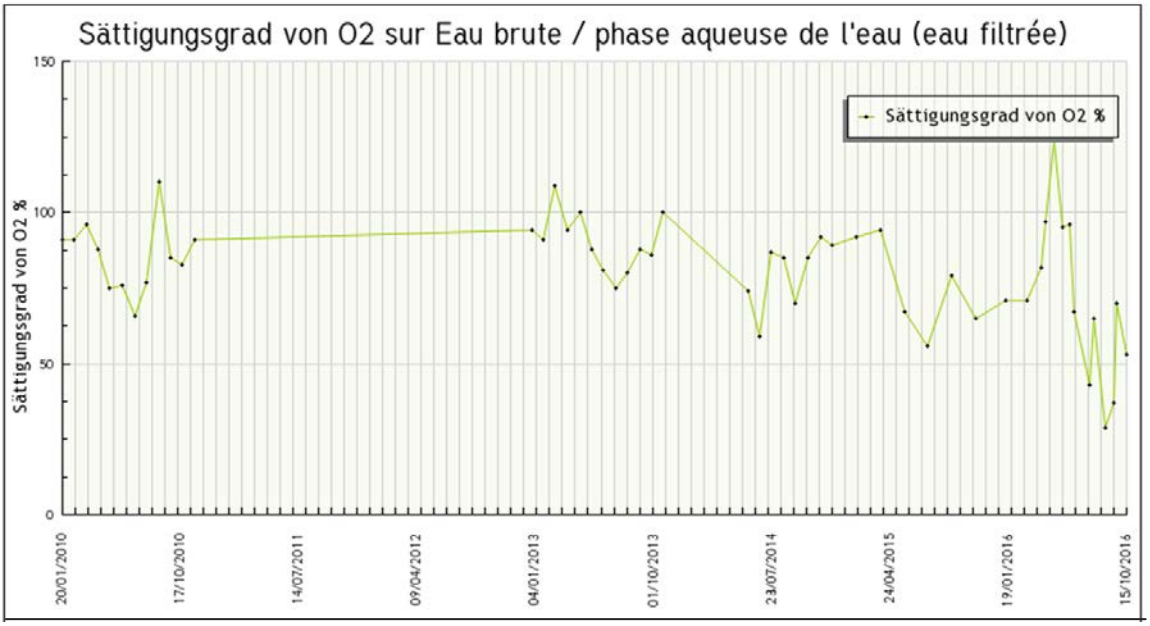


Abbildung 3.2-7 : Sauerstoff-Gehalte und Sättigung (manuelle Stichproben durch die französische Behörde in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: http://rhin-meuse.eaufrance.fr/)

Allerdings ist bei der Betrachtung von Stichproben zu bedenken, dass besonders in Phasen mit erhöhter Photosynthese-Aktivität die Uhrzeit der Messung von Sauerstoff erhebliche Auswirkung auf den Messwert hat, da sich die Konzentrationen im Tagesverlauf stark verändern.
Obwohl die Bickenalb fast auf dem Großteil der Fließstrecke eine gute Struktur aufweist, sich also in ständigem Austausch mit der Atmosphäre befindet, muss festgehalten werden, dass die Sauerstoff-Versorgung des Gewässers durchgehend unzureichend ist.

[10] Weitere Messdaten sowie nähere Erläuterungen zu Messstelle, Datenquelle etc. finden sich in Kapitel 3.4.

Diese Sauerstoff-Produktion spiegelt sich auch in den im Laufe des Frühjahrs zunehmenden Tages-Schwankungen der Sauerstoff-Konzentrationen wider (siehe Abbildung 3.2-8). Der Trend der Sauerstoff-Konzentrationen ist dabei gegenläufig zu dem der Temperaturen, der tendenzielle Sauerstoff-Anstieg von Mitte bis Ende Februar ist dabei durch den Temperatur-Einbruch bedingt.

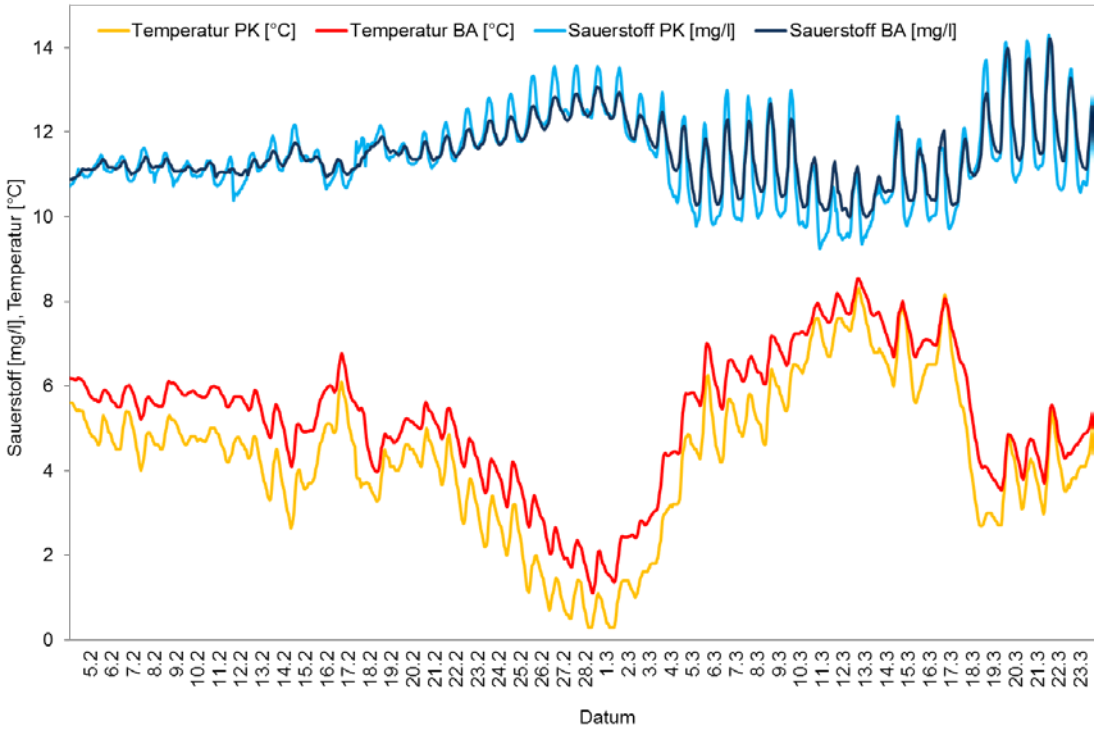


Abbildung 3.2-8: Tageszyklen von Sauerstoff und Temperatur (Stationen *Peppenkum* (PK) und *Bickenaschbacherhof* (BA)) (4. Februar bis 23. März 2018)

Dasselbe Phänomen zeigt sich zudem bei den pH-Werten an beiden Standorten (siehe Abbildung 3.2-9). Auch die pH-Werte werden durch die Photosynthese beeinflusst; während der Lichtreaktion im Verlauf des Tages, bei der Sauerstoff produziert wird, steigt der pH-Wert an.

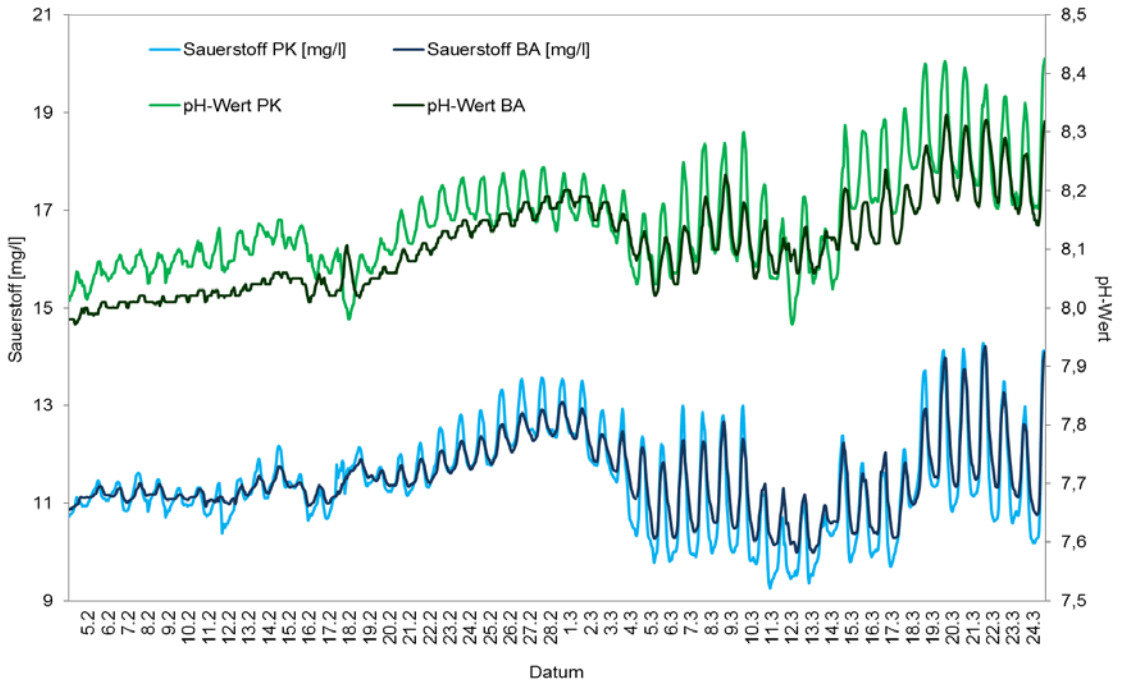


Abbildung 3.2-9: Tageszyklen von Sauerstoff und pH-Wert (Stationen *Peppenkum* (PK) und *Bickenaschbacherhof* (BA)) (4. Februar bis 24. März 2018)

Betrachtet man die Schwankungen der Sauerstoff-Gehalte sowie der pH-Werte und der Temperaturen genauer, so zeigt sich, dass die Sauerstoff-Maxima nur einen geringen Zeitversatz zu denen der Temperatur aufweisen (siehe Abbildung 3.2-10). Wären die Sauerstoff-Schwankungen rein durch physikalische Bedingungen, also die Zunahme der Löslichkeit von Sauerstoff bei abnehmenden Wassertemperaturen, beeinflusst, so müssten die Amplituden der beiden Messgrößen genau entgegengesetzt verlaufen. Die Parallelität der Sauerstoff- und der Temperatur-Kurven ist ein Zeichen dafür, dass die Sauerstoff-Konzentrationen hauptsächlich durch die Photosynthese beeinflusst werden.

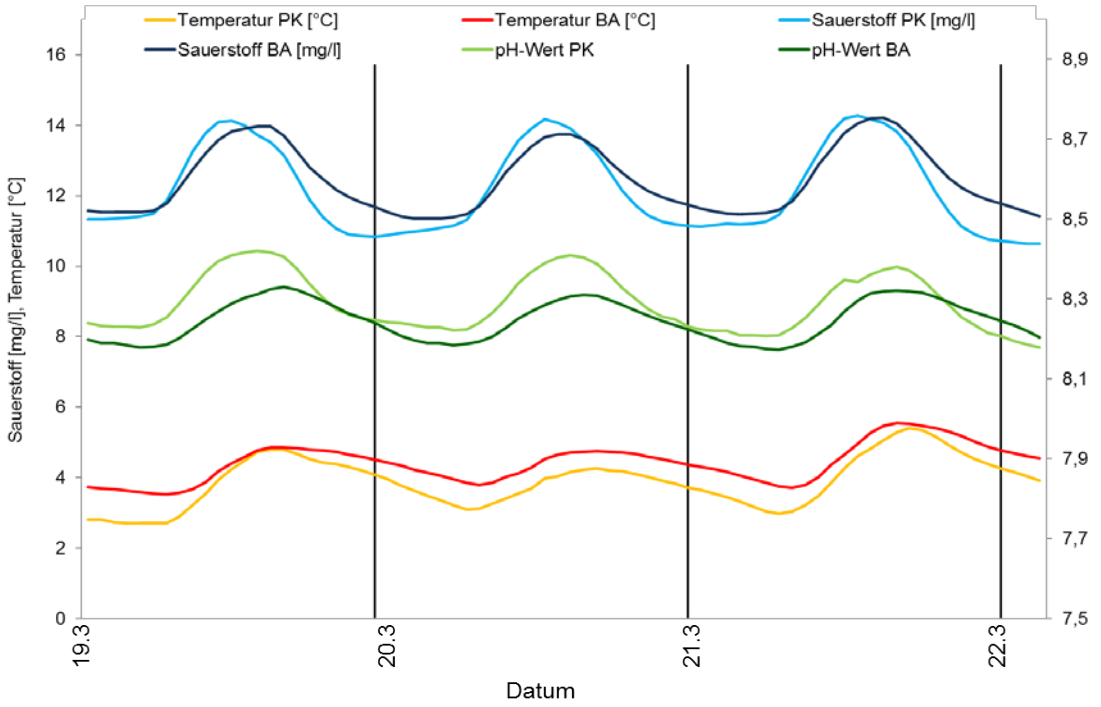


Abbildung 3.2-10 : Tageszyklen von Sauerstoff, Temperatur und pH-Wert (Stationen *Peppenkum* (PK) und *Bickenaschbacherhof* (BA)) (19. Februar bis 22. März 2018)

Obwohl sich in kalkgeprägten Fließgewässern wie der Bickenalb natürlicherweise große Mengen an Algen und Grünpflanzen entwickeln, ist die Tatsache, dass sowohl der Sauerstoff-Gehalt als auch die pH-Werte an beiden Standorten wesentlich von der Photosynthese gesteuert werden, ein eindeutiger Hinweis für die Eutrophierung des Gewässers ist.
Ein weiteres Anzeichen für die Eutrophierung der beiden Standorte sind die trotz der hohen Säurekapazität des Wassers starken Schwankungen der pH-Werte. Aufgrund der geologischen Situation im Einzugsgebiet weist das Wasser nicht nur grundsätzlich hohe pH-Werte, sondern auch eine hohe Säurekapazität auf. Über die Säurekapazität wird ermittelt, wieviel Säure einem Wasser zugegeben werden kann, bis ein bestimmter pH-Wert erreicht ist. Sie ist somit ein Maß für die Pufferkapazität eines Gewässers. Die vom LUA erhobenen Messwerte für die Säurekapazität bei pH 4,3 lagen im Mittel in *Peppenkum* bei 6,27 mmol/l (Jahre 2008 und 2012) und am *Bickenaschbacherhof* bei 6,53 mmol/l (Jahre 2008, 2011, 2012 und 2015). Gewässer mit einer solch hohen Pufferkapazität weisen in der Regel eher geringe Schwankungen der pH-Werte auf. Die Photosynthese-Rate und somit der Grad der Eutrophierung ist an den beiden Standorten an der Bickenalb also offensichtlich sehr hoch.

Ebenso wird die Leitfähigkeit als Anzeiger der Salzgehalte natürlicherweise durch die geologischen Bedingungen im Einzugsgebiet beeinflusst. In der Bickenalb erreicht die Leitfähigkeit daher hohe Werte und weist im Flussverlauf keine nennenswerten Unterschiede auf (siehe Abbildung 3.2-11). In der Regel werden die Salzgehalte im Gewässer durch Niederschläge verdünnt, so dass die Leitfähigkeit kurzfristig abnimmt. In Folge der hohen Niederschlagsmengen und der großen Wassermengen ging die Leitfähigkeit im Winter an beiden Standorten immer wieder stark zurück. Die Höchstwerte wurden mit 940 µS/cm im Oktober in *Peppenkum* gemessen.

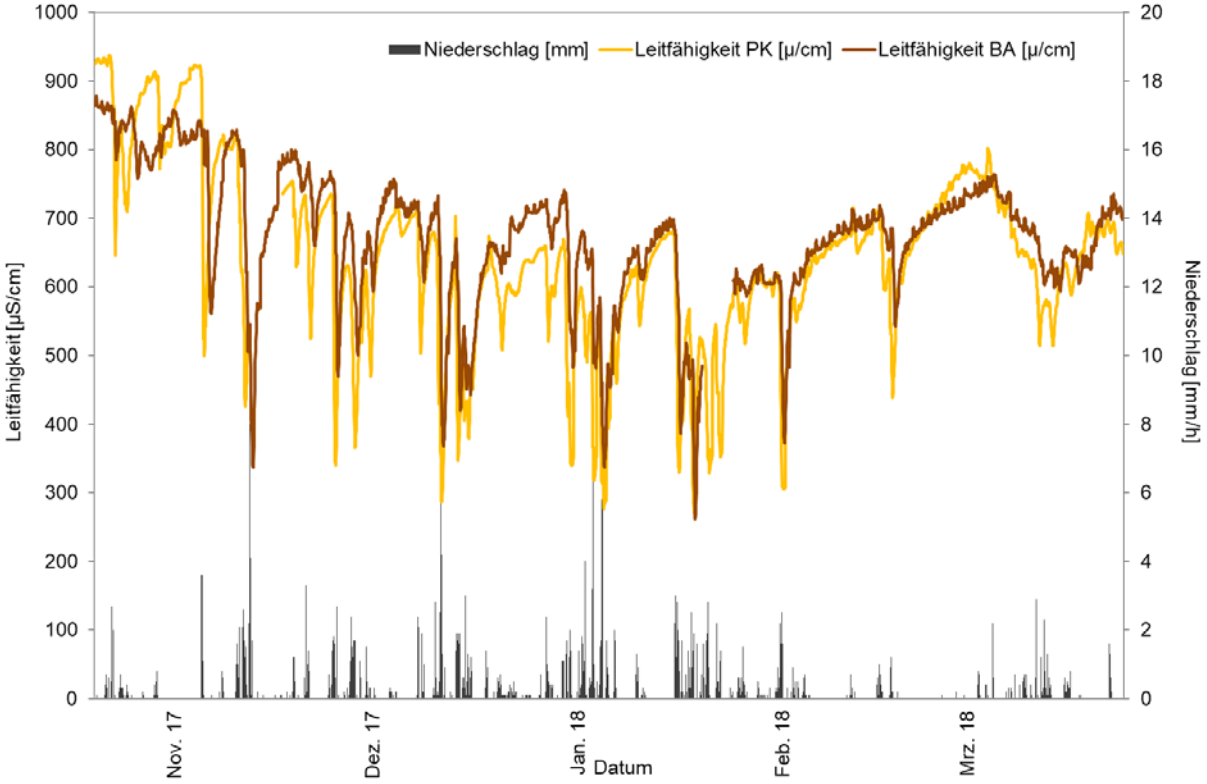


Abbildung 3.2-11: Verlauf der Leitfähigkeit (Stationen *Peppenkum* (PK) und *Bickenaschbacherhof* (BA)) (20. Oktober bis 26. März 2018)

3.3 Beprobung an den kleinen Kläranlagen

In den Jahren 2006 bis 2008 wurden im saarländischen Teil des Einzugsgebiets der Bickenalb acht kleine dezentrale Kläranlagen gebaut. Eine Übersicht über die Kläranlagen, deren Größe und Bautyp findet sich in Tabelle 3.3-1, die Lage der Kläranlagen wird in Abbildung 2.2-1 ersichtlich.

Tabelle 3.3-1: Übersicht über die Kleinkläranlagen im saarländischen Teil des Einzugsgebietes

Name / Ort	**Größe (EW)**	**Kläranlage Typ**	**Inbetrieb-nahme**	**Vorfluter**
Riesweiler	100	Vorteich und Pflanzenbeet	01/2008	Becher Bach
Böckweiler	370	Vorteich und Scheibentauchkörper	08/2007	Schreckelbach
Pinningen	300	Scheibentauchkörper und Lamellenseparator	01/2008	Neualtheimer Rohrbach
Altheim	700	Vorteich und Scheibentauchkörper	01/2008	Bickenalb
Seyerweiler	160	Vorteich und Pflanzenbeet	10/2006	Simbach
Peppenkum	380	Scheibentauchkörper und Lamellenseparator	01/2008	Bickenalb
Medelsheim	460	Vorteich u. Pflanzenbeet	11/2006	Medelsheimer Mühlenbach
Utweiler	70	Mehrzweckbecken und Pflanzenbeet	10/2006	Gassenackerbach

Um den Einfluss der kleinen Kläranlagen auf die Gewässerqualität zu überprüfen, wurde ein automatischer Probenehmer für jeweils eine Woche am betreffenden Vorfluter unterhalb des Auslaufes der Kläranlagen *Riesweiler, Böckweiler, Pinningen, Seyerweiler, Medelsheim und Utweiler* installiert (siehe Abbildung 6-4 und Tabelle 6-3 im Anhang). Der Probenehmer wurde zeitproportional programmiert, d.h. jede Stunde wurden etwa 100 ml Probe aus dem Gewässer entnommen. Pro Flasche erfolgte dies 8 Mal, so dass sich jeweils eine Mischprobe von 8 Stunden und somit 3 Proben pro Tag ergaben. Die Mittelwerte dieser Ergebnisse finden sich im Anhang in Tabelle 6. 3[11].

Es lässt sich festhalten, dass in den automatisch entnommenen Proben bei keiner Kläranlage Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Tageszeiten beobachtet werden konnten. Bei fast allen Standorten waren die Proben zu ein oder zwei Zeitpunkten etwas mehr mit Ammonium und ortho-Phosphat belastet, unterhalb der Kläranlage *Böckweiler* wurden z.T. deutlich höhere Gehalte von TOC und ortho-Phosphat gemessen. Neben den Einträgen aus den Kläranlagen wurden bei Regenwetter in Einzelfällen natürlich auch solche aus Oberflächenabspülungen erfasst, welche bereits oberhalb der jeweiligen Anlage in das Gewässer gelangt waren. Diese ließen sich anhand des hohen Gehaltes an partikelgebundenem Phosphor gut identifizieren, so z.B. während der Messphasen an den Kläranlagen *Utweiler* und *Riesweiler*. Insgesamt sind die Konzentrationen der gemessenen Parameter jedoch nicht gravierend erhöht. Zu bedenken ist außerdem, dass diese Messungen im Winter erhoben wurden, wenn also Pessimalbedingungen für Pflanzen- und Teich-Kläranlagen herrschen und daher die Abbauraten und Reinigungsleistungen geringer sind als im Rest des Jahres.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den manuellen Beprobungen, die zusätzlich an drei weiteren Terminen an denselben Standorten durchgeführt wurden.

Die Sauerstoff-Gehalte variieren an einigen Standorten leicht und liegen, wie auch in der Bickenalb selbst, alle unter dem Wert der theoretischen Sauerstoffsättigung (siehe Abbildung 3.3-1).

[11] Sauerstoff-Gehalte und Wassertemperaturen können in Proben aus automatischen Probenehmern generell nicht ermittelt werden.

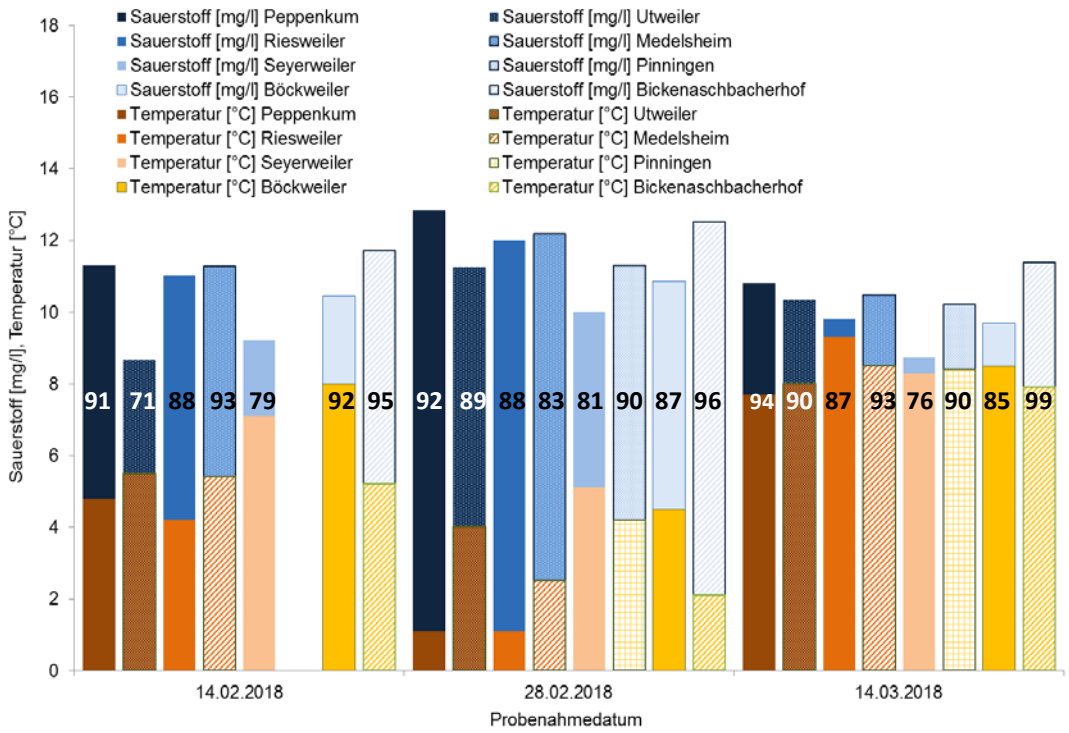


Abbildung 3.3-1: Sauerstoff-Gehalte und Sauerstoff-Sättigung sowie Temperaturen im Bereich der Kläranlagen-Abläufe (manuelle Beprobungen am 14. und 28. Februar sowie am 14. März 2018)

Da die Kläranlagen ohne Zusatz von Fällungsmitteln o.ä. arbeiten, zeigen sich erwartungsgemäß keine Veränderungen der pH-Werte und der Leitfähigkeit, so dass sich auch diese Parameter in den für das Einzugsgebiet typischen Bereichen bewegen (siehe Abbildung 3.3-2).

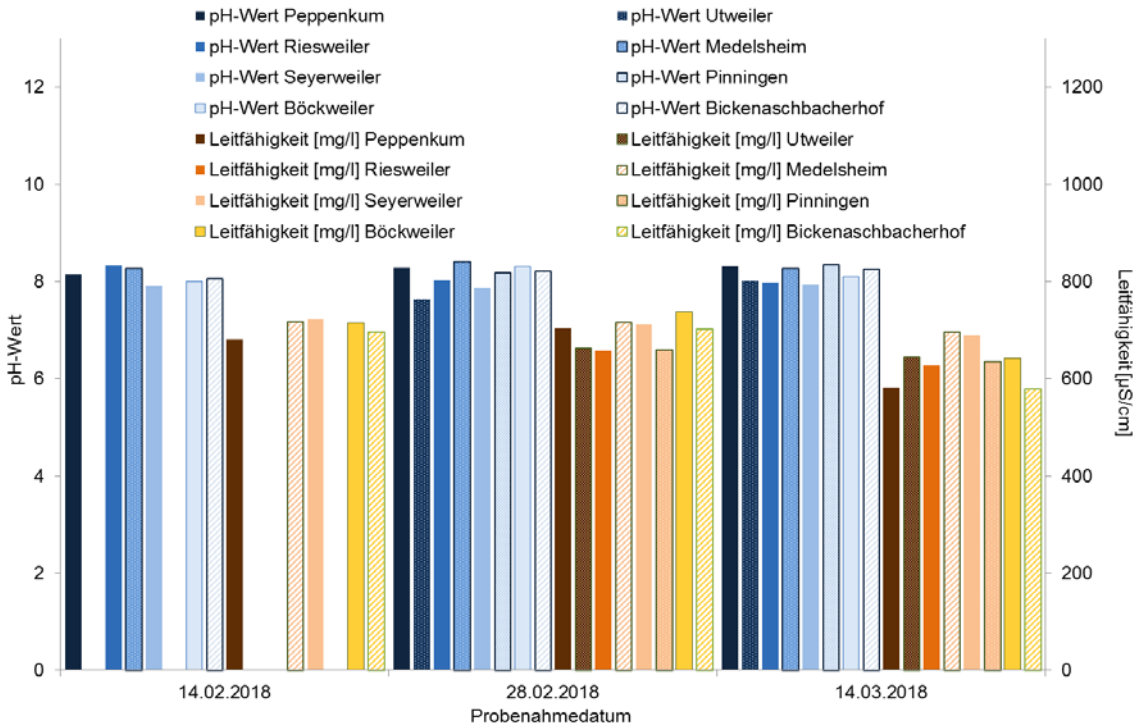


Abbildung 3.3-2: pH-Werte und Leitfähigkeit im Bereich der Kläranlagen-Abläufe (manuelle Beprobungen am 14. und 28. Februar sowie am 14. März 2018)

Die Gehalte von Gesamt-Stickstoff und Nitrat bewegen sich ebenfalls an allen Standorten im Bereich der Werte, die in der Bickenalb selbst gemessen wurden, die quasi die Grundbelastung im Einzugsgebiet darstellen (meist um 4 mg/l Nitrat-N) (siehe Abbildung 3.3-3). Die Werte in *Pinningen*

und am *Bickenaschbacherhof* liegen etwas höher, wobei die Gehalte in *Pinningen* nicht zwangsläufig auf die Einleitungen der Kläranlage zurückzuführen sind, sondern vermutlich eher aus Flächeneinträge oberhalb des Messpunktes zurückgeführt werden können.

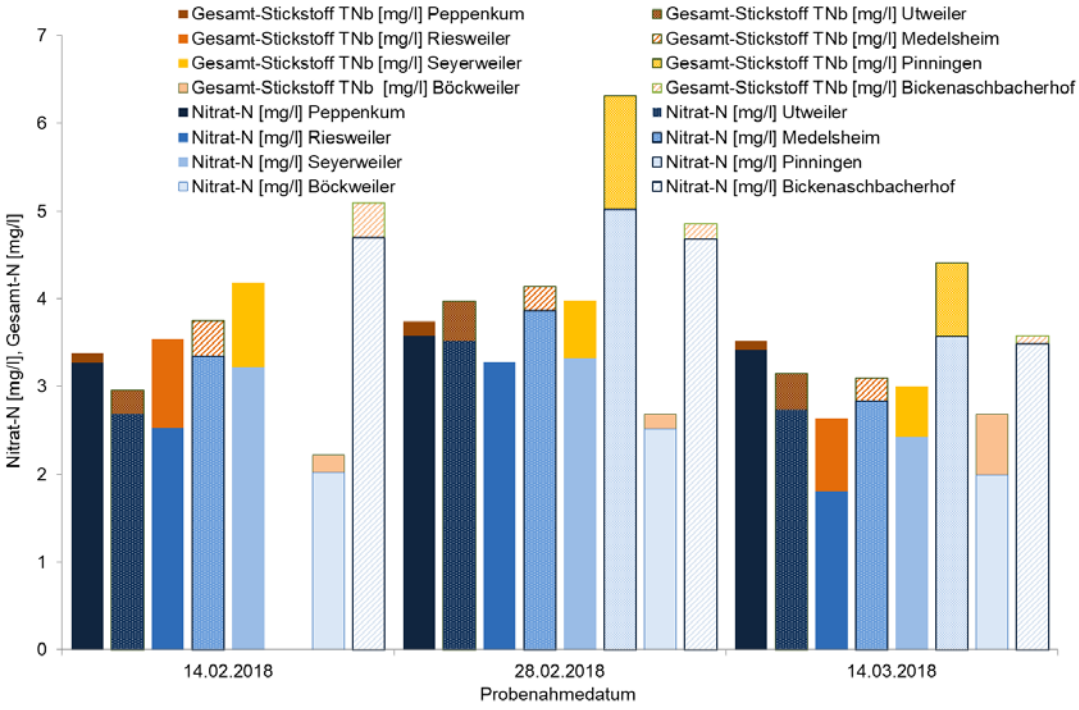


Abbildung 3.3-3: Gehalte an Gesamt-Stickstoff TNb und Nitrat-N im Bereich der Kläranlagen-Abläufe (manuelle Beprobungen am 14. und 28. Februar sowie am 14. März 2018)

Die höchsten Ammonium-Konzentrationen finden sich erwartungsgemäß in der Bickenalb selbst an der Station *Peppenkum*, die Gehalte übersteigen einmal in *Seyerweiler* und je zweimal in *Böckweiler* und *Medelsheim* den Grenzwert, und variieren je nach Probenahmedatum (siehe Abbildung 3.3-4).

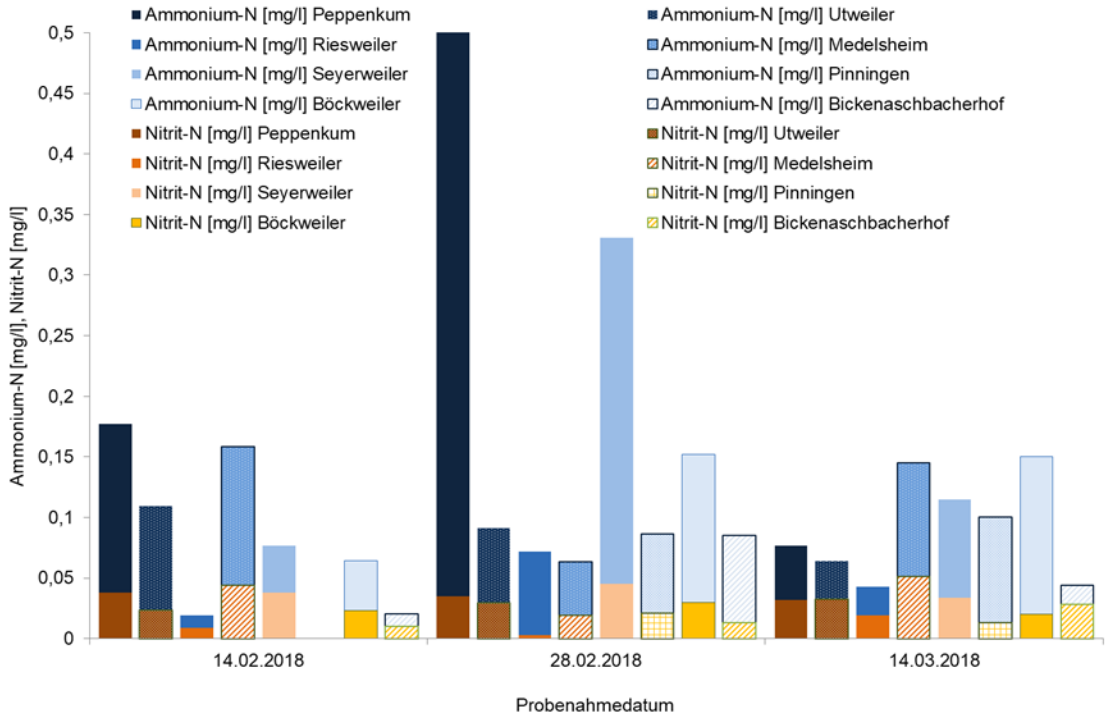


Abbildung 3.3-4: Gehalte an Ammonium und Nitrit im Bereich der Kläranlagen-Abläufe (manuelle Beprobungen am 14. und 28. Februar sowie am 14. März 2018)

Ähnliches lässt sich in Bezug auf die Phosphor-Gehalte sagen (siehe Abbildung 3.3-5). Allerdings fällt auf, dass zu allen Probenahmezeitpunkten in *Böckweiler* und auch zwei Mal in *Peppenkum* der Anteil an partikelgebundenem Phosphor sehr hoch ist, diese Einträge also eher aus Oberflächeneinträgen stammen.

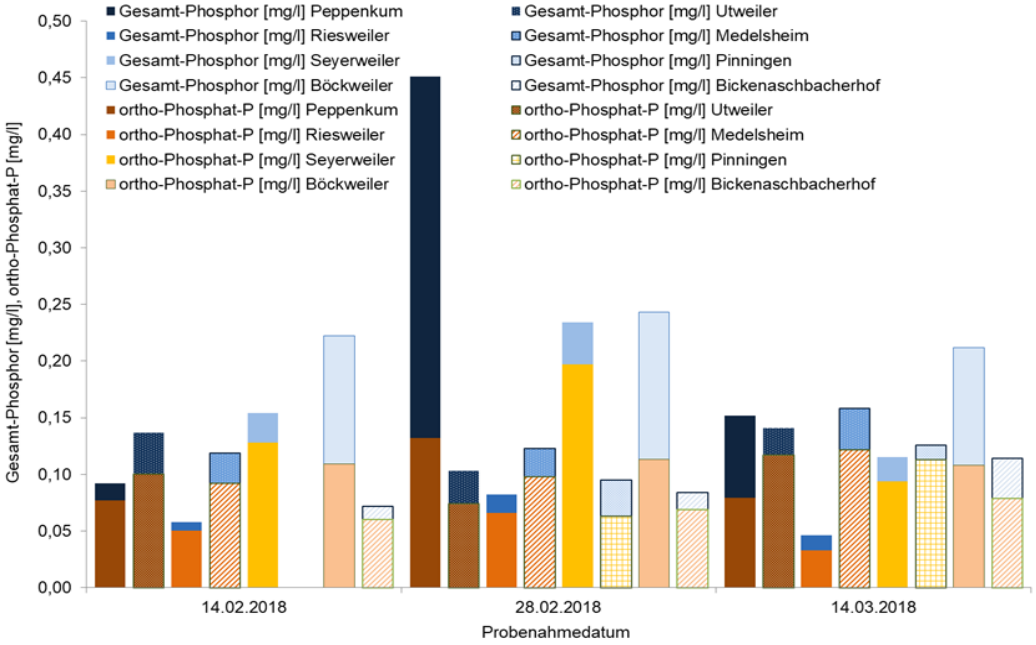


Abbildung 3.3-5: Gehalte an Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat im Bereich der Kläranlagen-Abläufe (manuelle Beprobungen am 14. und 28. Februar sowie am 14. März 2018)

Die erhobenen TOC-Gehalte lassen sich ebenfalls nicht direkt mit Einträgen aus den Kläranlagen in Verbindung bringen (siehe Abbildung 3.3-6). Bis auf eine Messung unterhalb der Kläranlage *Reisweiler* liegen die TOC-Konzentrationen unterhalb der Anforderungen von 7 mg/l. Ebenfalls gemessen wurde der TIC (Total Inorganic Carbon, Gesamter Anorganischer Kohlenstoff). Es handelt sich dabei um den Summenparameter, welcher hauptsächlich die im Wasser enthaltenen Carbonatgruppen widerspiegelt. Die TIC-Gehalte sind in der Bickenalb geologisch bedingt sehr hoch und wirken sich auf den pH-Wert sowie die Säurekapazität, also das Puffervermögen des Gewässers aus (vgl. auch Kapitel 3.2).

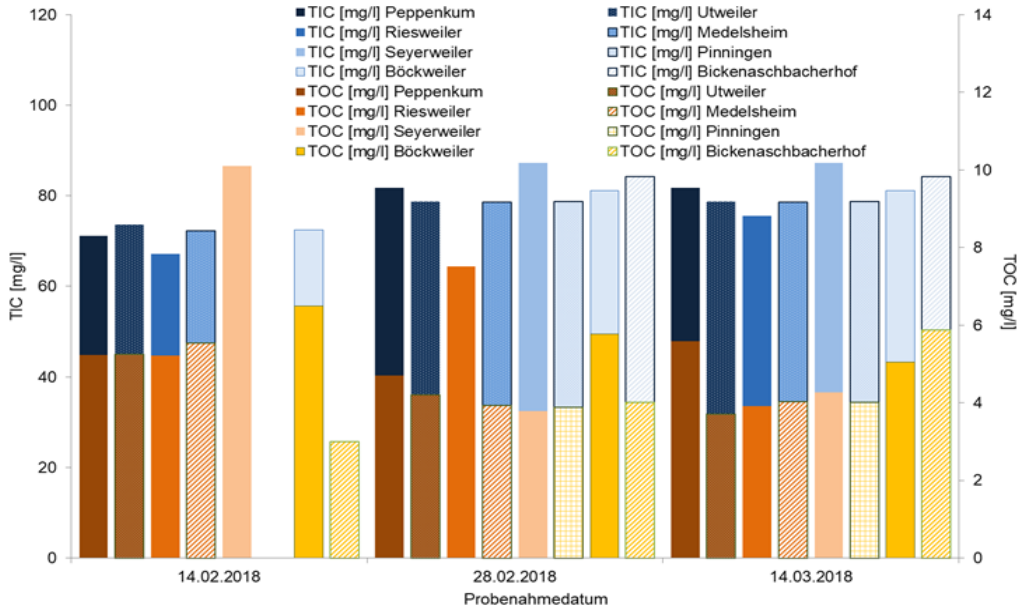


Abbildung 3.3-6: Gehalte an TOC und TCI im Bereich der Kläranlagen-Abläufe (manuelle Beprobungen am 14. und 28. Februar sowie am 14. März 2018)

Es konnte ebenso wie bei den Beprobungen mit Hilfe des automatischen Probenehmers festgestellt werden, dass Gehalte dieser Größenordnung in den Zuflüssen keine Beeinträchtigung der Wasserqualität der Bickenalb darstellen.

3.4 Ergebnisse der manuellen Beprobungen durch die deutsche und die französische Behörde

Um Veränderungen der Gewässergüte über einen längeren Zeitraum abschätzen zu können, wurden die Ergebnisse der Stichproben im Rahmen der behördlichen Routineüberwachung der letzten Jahre betrachtet. Dabei wurden sowohl die durch das LUA in Deutschland als auch die in Frankreich durch die Agence de L'Eau Rhin-Meuse[12] ermittelten Messwerte herangezogen. Die betreffenden Messstellen befinden sich auf französischer Seite zwischen der Staatsgrenze und der Ortschaft *Guiderkirch-Erching*, auf deutscher Seite lediglich etwa 4 km flussabwärts in der Güderkircher Straße an der Zollstation in *Peppenkum* (Landes-Messstelle Nr. 82), Des Weiteren gibt es eine Landes-Messstelle an der *Torhausmühle* in *Altheim* (Nr. 84) in der Nähe des *Bickenaschbacherhofes.* Den folgenden Betrachtungen liegen die Ergebnisse der Stichprobenmessungen der Jahre 2010, 2013 bis 2016 in Frankreich sowie der Jahre 2008 und 2012 (Landes-Messstelle Nr. 82) bzw. 2008, 2011, 2012 und 2015 (Landes-Messstelle Nr. 84) zugrunde (siehe Tabellen 6-4 und 6-5 und Abbildungen 6-18 bis 6-22 im Anhang).

Es zeigt sich, dass an allen drei Messstandorten die Sauerstoff-Konzentrationen vor allem in den Sommermonaten unter der in Deutschland gültigen Anforderung an den guten ökologischen Zustand von 7 mg/l[13] lagen (vgl. Tabelle 3.5-1 und 3.5-2) (siehe Abbildung 3.4-1 und 3.4-2).

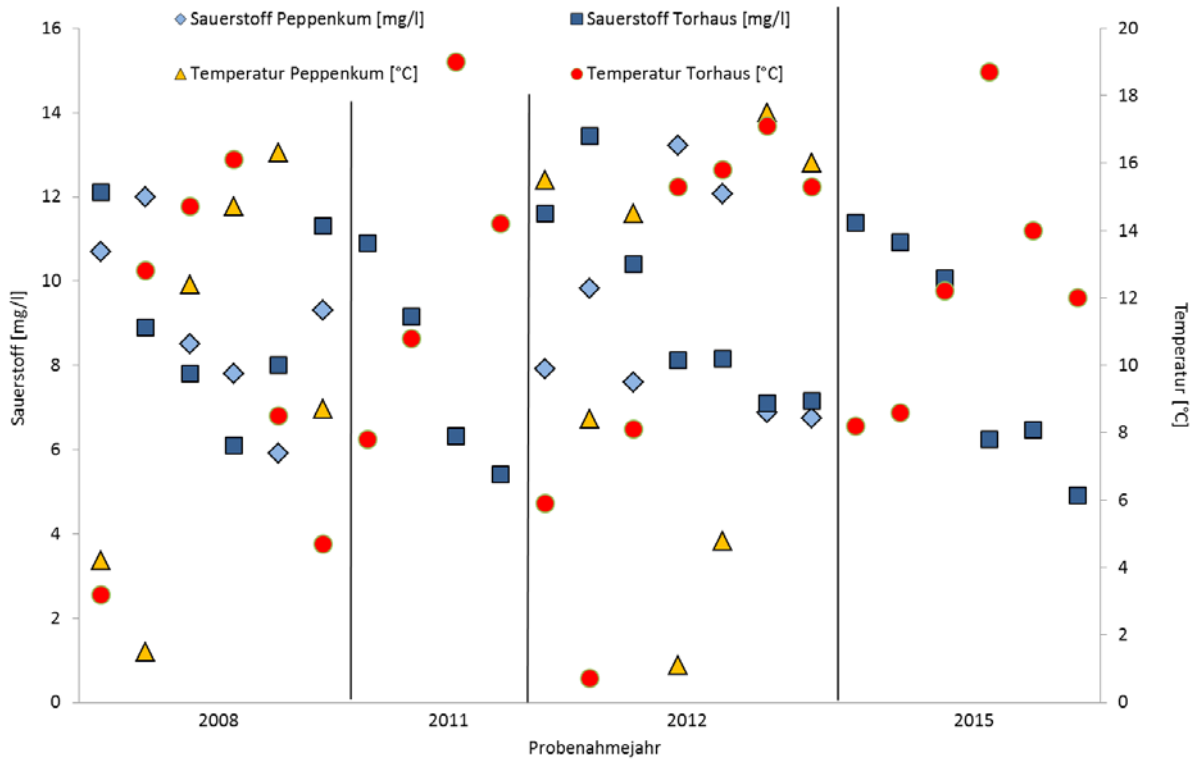


Abbildung 3.4-1: Einzelne Gehalte an Sauerstoff und Temperatur (manuelle Beprobungen durch das LUA am *Torhaus* 2008, 2011, 2012 und 2015 und in *Peppenkum* 2008 und 2012)

[12] Einzelne Beprobungen wurden auch durch den Parc Naturel Vosges du Nord durchgeführt.
[13] Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial für Gewässertyp 7 gemäß Anlage 7 (2.1.2) OGewV [5]

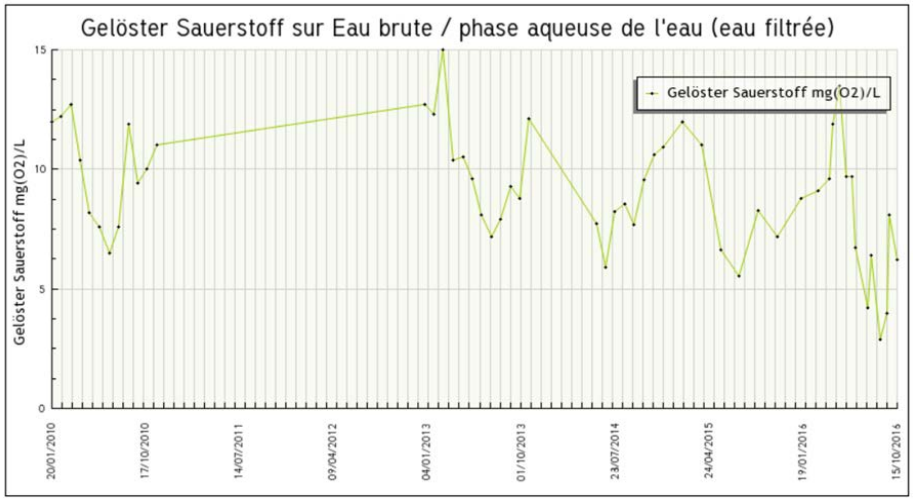


Abbildung 3.4-2: Einzelne Gehalte an Sauerstoff (manuelle Beprobungen durch die Agence de l'Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

Die Leitfähigkeit sowie die pH-Werte bewegten sich auf der deutschen sowie auf der französischen Seite in den auch online beobachteten, relativ hohen Bereichen. Es zeigen sich dabei keine Besonderheiten, die entsprechenden Graphiken finden sich im Anhang in Abbildung 6-20 und 6-21.

Im Hinblick auf die manuell erhobenen Werte von Nitrat[14] und Gesamt-Stickstoff, welcher zum allergrößten Teil den Nitrat-Gehalt widerspiegelt, lässt sich festhalten, dass beide Parameter an allen drei Standorten sehr stark variieren (siehe Abbildung 3.4-3 bis 3.4-5). Die Konzentrationsspannen reichen dabei von unter 5 mg/l NO_3^- (1,3 mg/l NO_3-N) und fast 30 mg/l NO_3^- (6,8 mg/l NO_3-N), wobei mit Hilfe der online-Messungen noch deutlich höhere Gehalte erfasst werden konnten (vgl. Tabelle 3.5-1 und 3.5-2). Auch die Stichproben-Messungen zeigen im Sommer meist geringere Nitrat-Konzentrationen als im Winter, was wiederum auf die oben beschriebenen Einträge über Zwischenabfluss während der Wintermonate hindeutet.

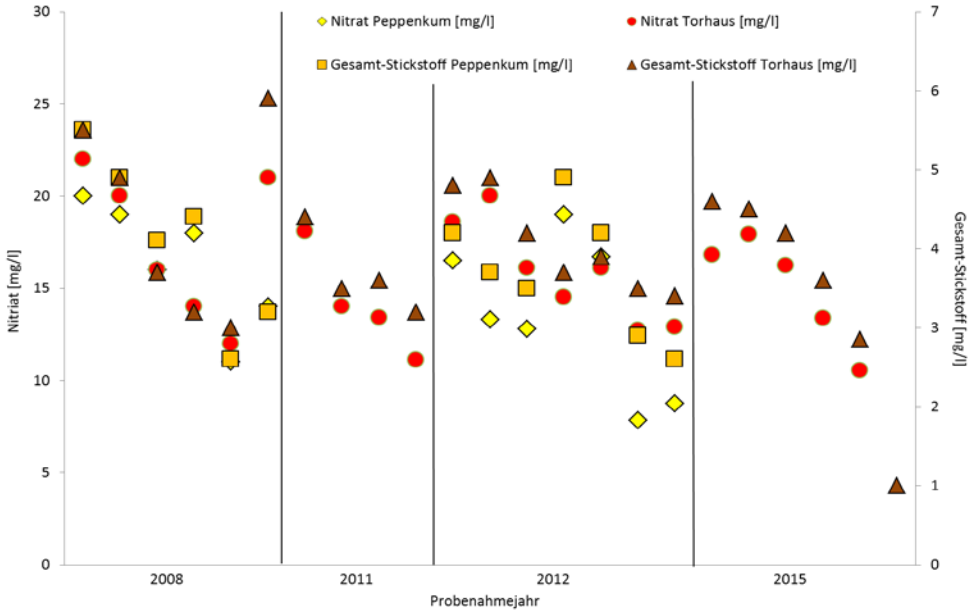


Abbildung 3.4-3: Einzelne Gehalte an Nitrat-N und Gesamt-Stickstoff (manuelle Beprobungen durch das LUA am *Torhaus* 2008, 2011, 2012 und 2015 und in *Peppenkum* 2008 und 2012)

[14] Es ist zu beachten, dass die Ausgabe und Darstellung der Messwerte für Nitrat, Ammonium und Nitrit aus der Datenbank der Agence de L'Eau Rhin-Meuse ìm Gegensatz zu allen Angaben in den vorherigen Abbildungen und Tabellen als NO_3^- und NH_4^+ und erfolgt. Zur besseren Vergleichbarkeit der Daten wurden die Ergebnisse der Messungen in den Abbildungen 3.4-3 und 3.4-6 daher ebenfalls als als NO_3^- und NH_4^+ dargestellt.

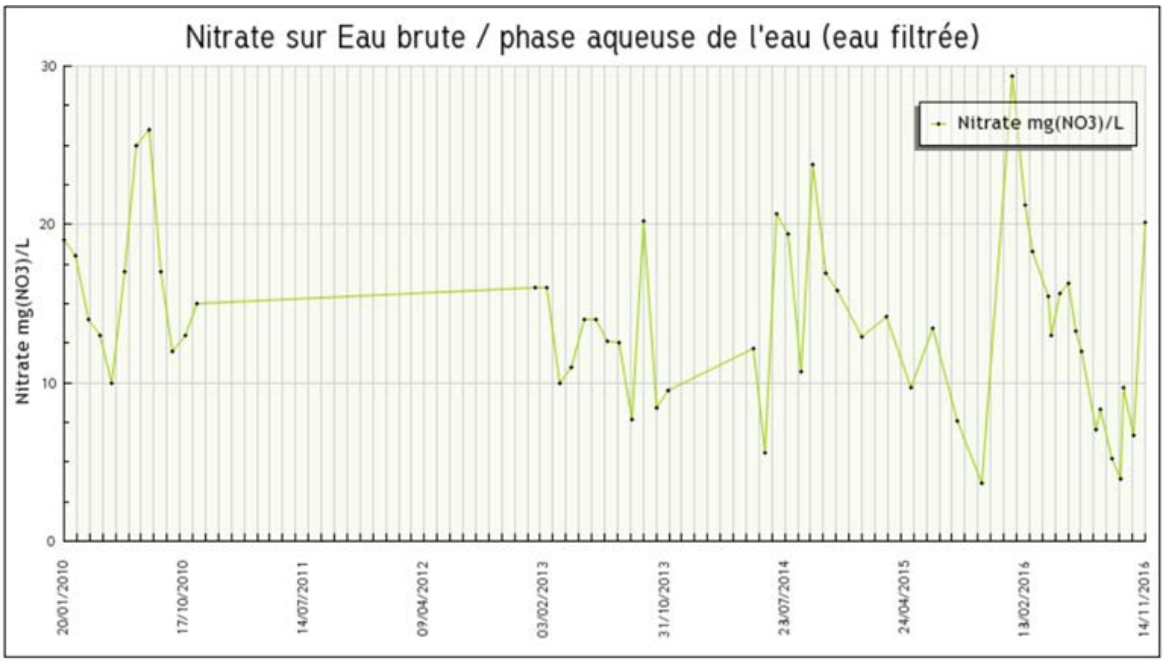


Abbildung 3.4-4: Einzelne Gehalte an Nitrat (manuelle Beprobungen durch die Agence de l'Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

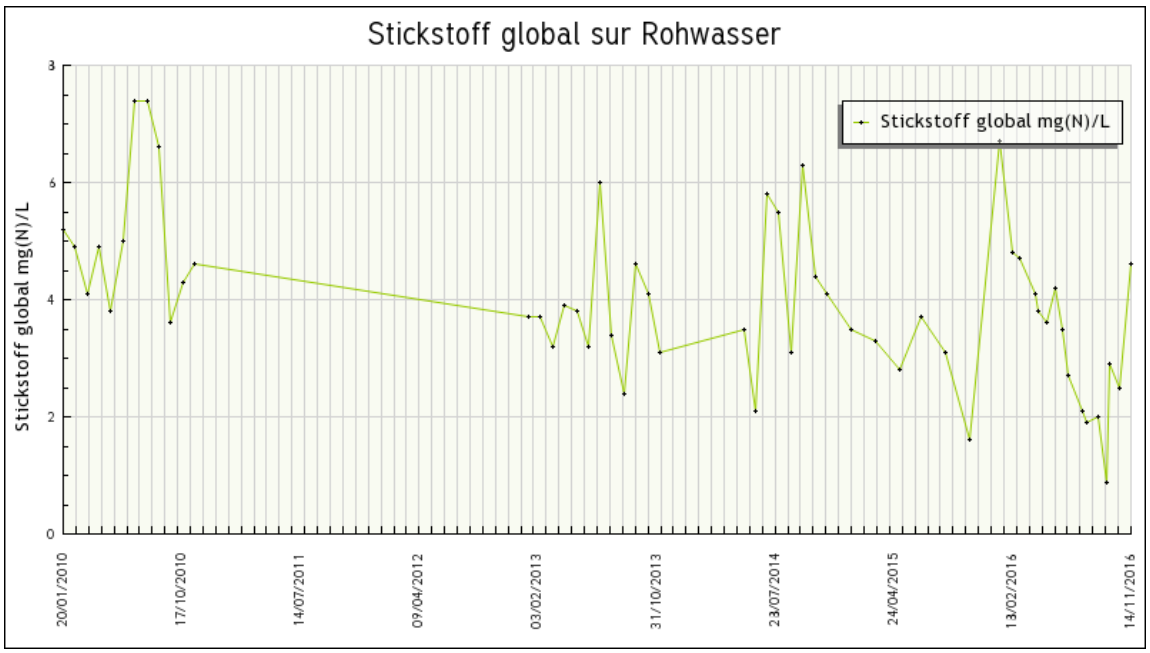


Abbildung 3.4-5: Einzelne Gehalte an Gesamt-Stickstoff (manuelle Beprobungen durch die Agence de l'Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

Sowohl die Ammonium- als auch die Nitrit-Gehalte sind an den beiden Messpunkten im Oberlauf etwas höher als an der *Torhausmühle* (siehe Abbildung 3.4-6 bis 3.4-8), bis auf zwei Ausreißer in *Erching* und einen in *Peppenkum* können die Ammonium-Gehalte jedoch als unauffällig bezeichnet werden. Hingegen überschreiten die Nitrit-Konzentrationen etwas öfter die Anforderung an den guten ökologischen Zustand von 0,05 mg/l Nitrit-N.

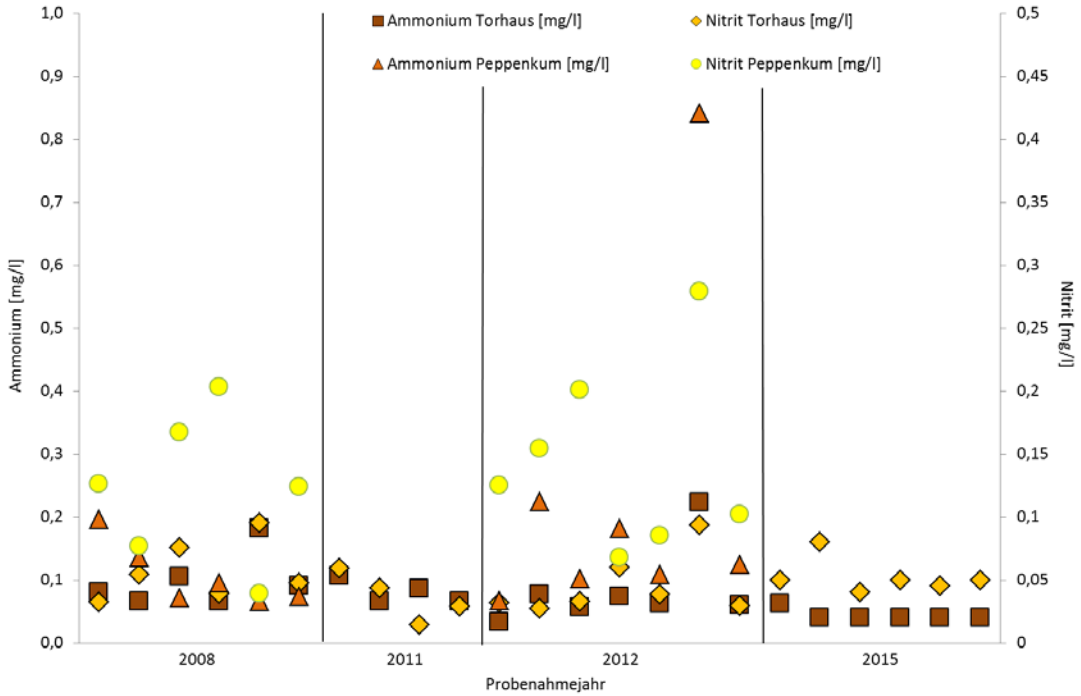


Abbildung 3.4-6: Einzelne Gehalte an Ammonium und Nitrit (manuelle Beprobungen durch das LUA am *Torhaus* 2008, 2011, 2012 und 2015 und in *Peppenkum* 2008 und 2012)

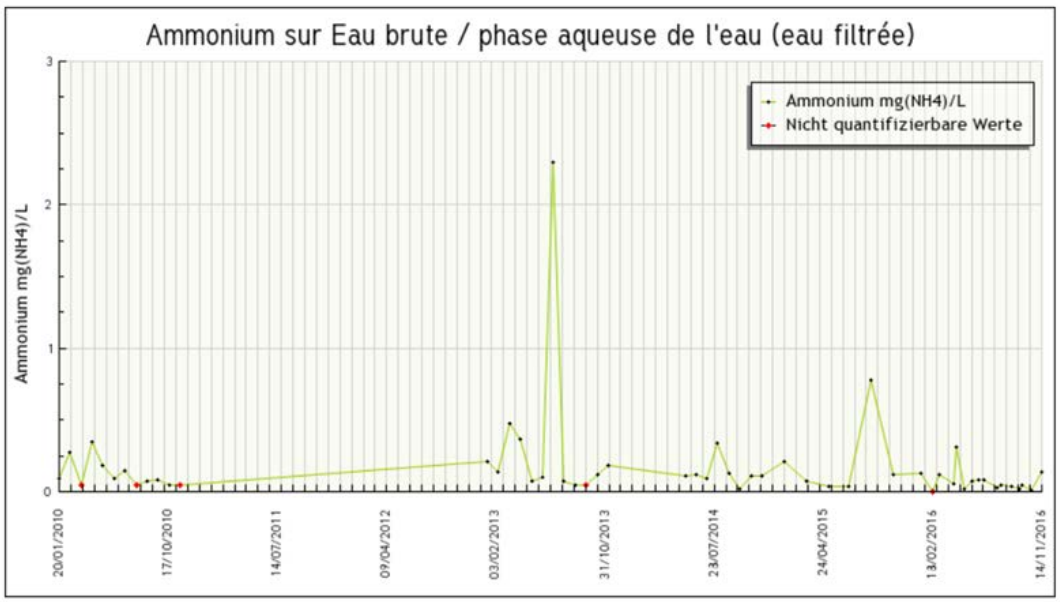


Abbildung 3.4-7: Einzelne Gehalte an Ammonium (manuelle Beprobungen durch das LUA am *Torhaus* 2008, 2011, 2012 und 2015 und in *Peppenkum* 2008 und 2012)

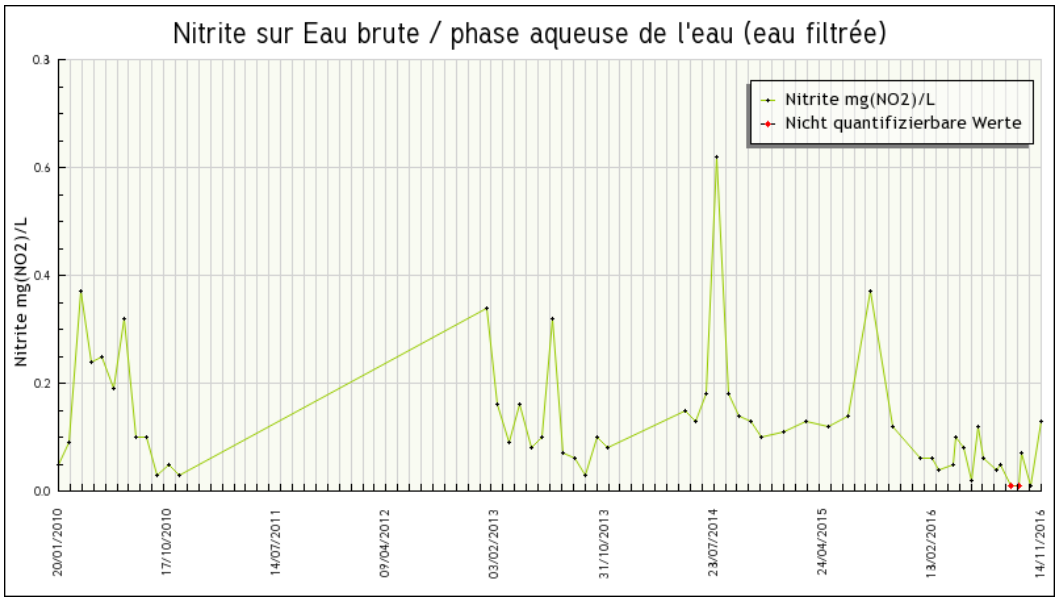


Abbildung 3.4-8: Einzelne Gehalte an Nitrit (manuelle Beprobungen durch die Agence de l'Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

Ebenso wie die Nitrat-Gehalte variieren auch die Konzentrationen von Gesamt-Phosphor[15] und TOC an allen drei Standorten sehr stark. Dabei zeigen sich manchmal Gehalte von ähnlichem Niveau im Ober- und Unterlauf, zu anderen Zeiten wiederum unterscheiden sich die Gehalte deutlich. Während die TOC-Gehalte fast immer unter den Anforderungen von 7 mg/l lagen, kam es an allen Standorten bei fast allen Stichprobenmessungen zur Überschreitung der Anforderung von 0,1 mg/l (siehe Abbildung 3.4-9 bis 3.4-11).

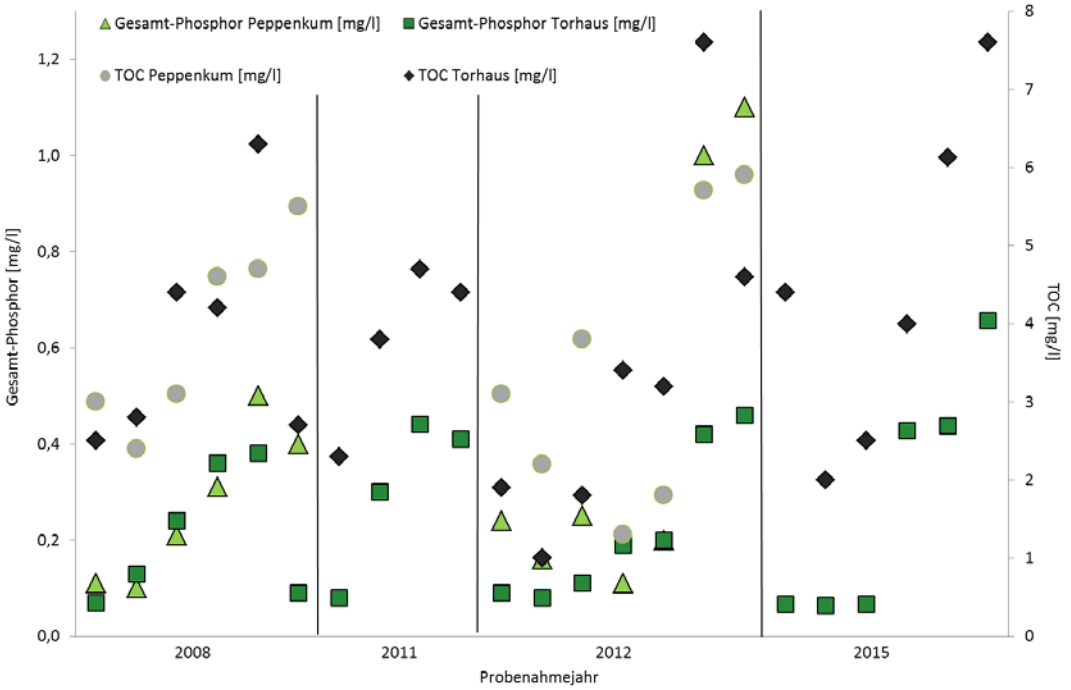


Abbildung 3.4-9: Einzelne Gehalte an Gesamt-Phosphor und TOC (manuelle Beprobungen durch das LUA am *Torhaus* 2008, 2011, 2012 und 2015 und in *Peppenkum* 2008 und 2012)

[15] Für ortho-Phosphat liegen keine Messwerte in Deutschland vor.

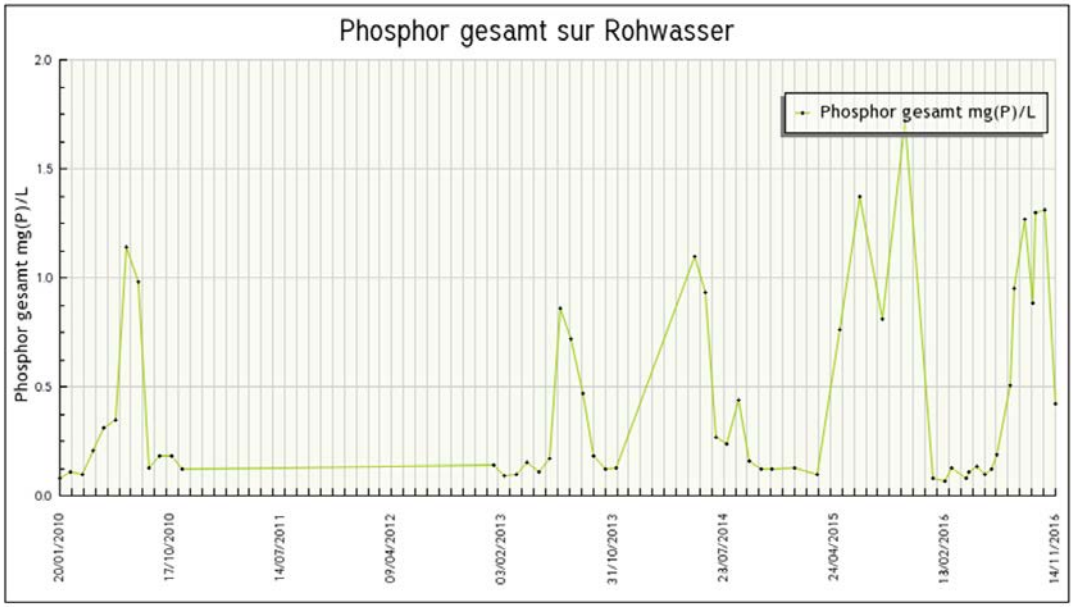


Abbildung 3.4-10: Einzelne Gehalte an Gesamt-Phosphor (manuelle Beprobungen durch die Agence de l'Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

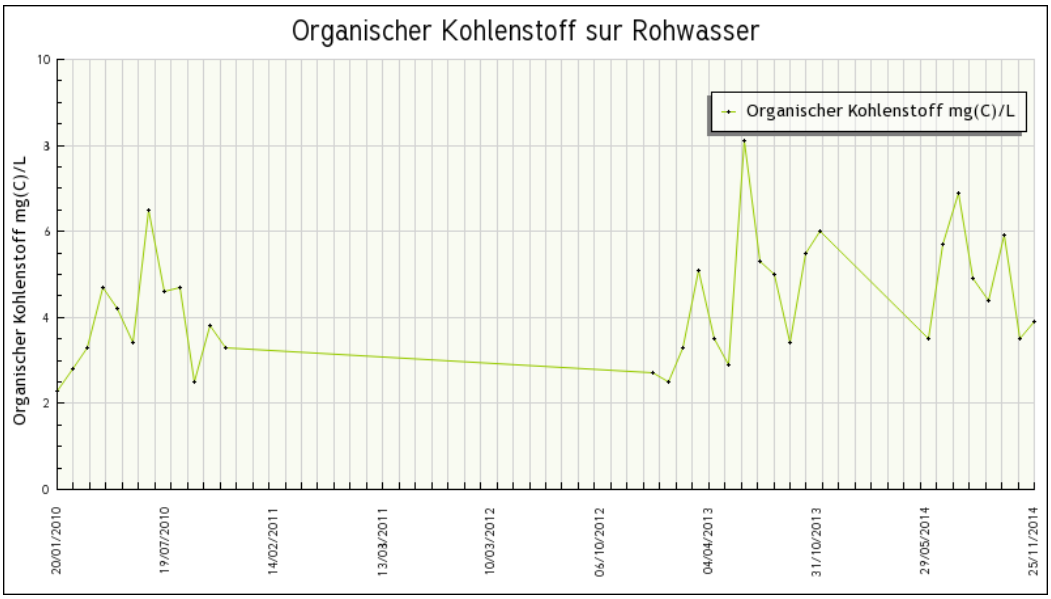


Abbildung 3.4-11: Einzelne Gehalte an TOC (manuelle Beprobungen durch die Agence de l'Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

3.5 Tabellarische Übersicht der Konzentrationen

Während des Messzeitraumes (4. Oktober 2017 bis 27. Juni 2018) lagen in der Bickenalb in *Peppenkum* die Werte für Nitrat nur vereinzelt oberhalb der gemäß OGewV [5] geforderten Anforderungen für den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial (siehe Tabelle 3.5-1, Abbildung 3.5-1 sowie Abbildung 6-15a bis d im Anhang). Die Konzentrationen von Ammonium überschritten die Anforderungen von 0,1 mg/l in etwa 30% der Fälle. Die TOC-Gehalte lagen in 8% der Messungen über den Anforderungen von 7 mg/l. Bemerkenswert sind die Überschreitungsraten von ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor: für ortho-Phosphat ist der Wert in über 70% der Messungen überschritten, für Gesamt-Phosphor sogar in etwa 80% der Messungen (vgl. auch Kapitel 3.1). Die rechnerisch ermittelten Ammoniak-Gehalte zeigen in fast 20% der Messungen Überschreitungen des Anforderungswertes von 2 µg/l.
Die Wassertemperaturen sowie die pH-Werte bewegten sich innerhalb der geforderten Bereiche.
Die Sauerstoff-Gehalte liegen etwa zu 10% unter der Anforderung von 7 mg/l, das 10%-Perzentil über den Messzeitraum beträgt 3,98 mg/l.

Tabelle 3.5-1: Mittel, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Bickenalb in *Peppenkum* vom 4. Oktober 2017 bis 27. Juni 2018, Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial für Gewässertyp 7 gemäß Anlage 7 (2.1.2) OGewV [5] und Grenzwert der Nitrat-Richtlinie sowie Anzahl der zugrundeliegenden 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*[16] *[µg/l]***
Mittel	**3,89**	**0,052**	**0,092**	**3,59**	**0,213**	**0,266**	**5,43**	**1,49**
Min	1,19	0,016	n.n.	0,991	0,004	0,063	1,97	n.n.
Max	18,6	0,411	> 2	11,6	1,28	1,74	> 25	59,5
Anford.	**11,3**[17]	**0,05**	**0,1**	**3**	**0,07**	**0,1**	**7**	**2**
Anzahl Werte (n)	5771	34	4994	32	5933	5933	5734	4926

	pH- Wert*	**Sauerstoff * [mg/l]**	**Temperatur* [°C]**	**Leitfähigkeit [µS/cm]**	**Abfluss [m^3/s]**
Mittelwert	7,98	9,37	9,07	679	1,11
Minimum	**7,41**	**5,53**	0,301	269	0,291
Maximum	**8,43**	14,3	**18,1**	940	20,9
Anforderung	**7 – 8,5**	**> 7**	**< 20**		
Anzahl Werte (n)	5875	*5842*	*5867*	5933	

* Bei Sauerstoff ist der niedrigste, beim pH-Wert der niedrigste und der höchste und bei Wassertemperatur jeweils der höchste gemessene Wert sowie für Ammoniak das arithmetische Mittel aus den Jahresminimalwerten von maximal drei aufeinander folgenden Kalenderjahren als Maßstab zum Vergleich mit den Anforderungen heranzuziehen. Für die übrigen Parameter ist der Mittelwert entscheidend (fett gedruckt), für die Leitfähigkeit ist in der OGewV keine Anforderung definiert.
Alle Parameter außer Nitrit und TNb wurden online ermittelt (grau unterlegt). Nitrit und TNb wurden alle 7 bis 10 Tage im Labor bestimmt.

[16] NH_3-N Ammoniak wurde rein rechnerisch ermittelt.
[17] JD-UQN Jahres-Durchschnitts-Umweltqualitätsnorm zur Beurteilung des chemischen Zustands gemäß Anlage 8 der OGewV (50 x 10^3 µg/l Nitrat entspricht 11,3 mg/l Nitrat-N)

Am *Bickenaschbacherhof* stellte sich die Situation wie folgt dar (siehe auch Tabelle 3.5-2, Abbildung 3.5-1 sowie Abbildung 6-16a bis d im Anhang): während des Messzeitraumes (20. Oktober 2017 bis 26. März 2018) überschritten 46% der Werte von Gesamt-Phosphor und fast zwei Drittel der Werte von ortho-Phosphat die in der OGewV [5] beschriebenen Anforderungen. Zu Überschreitungen der jeweiligen Anforderungen kam es bei Ammonium fast in 15%, bei TOC in 16% und bei Ammoniak in 7% der Messungen. Die Nitrat-Gehalte lagen immer unterhalb der entsprechenden Anforderungen, auch die pH-Werte bewegten sich innerhalb der vorgegebenen Grenzen. Die Anforderungen an die Sauerstoffgehalte lagen, obwohl die Messungen im Winterhalbjahr durchgeführt wurden, vereinzelt unter den Anforderungen. Das 10%-Perzentil über den Messzeitraum liegt bei 9,43 mg/l.

Tabelle 3.5-2: Mittel, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Bickenalb in *Bickenaschbacherhof* vom 20. Oktober 2017 bis 26. März 2018, Anforderungen an den guten ökologischen Zustand und das gute ökologische Potenzial für Gewässertyp 7 gemäß Anlage 7 (2.1.2) OGewV [5] und Grenzwert der Nitrat-Richtlinie sowie Anzahl der zugrundeliegenden 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[10] [µg/l]***
Mittel	**4,41**	**0,024**	**0,059**	**3,79**	**0,102**	**0,161**	**5,37**	*0,702*
Min	2,11	0,013	0,001	1,83	0,001	0,054	1,49	***0,010***
Max	6,7	0,049	1,99	6,41	0,538	2,33	28,2	*22,1*
Anford.	**11,3**[8]	**0,05**	**0,1**	**3**	**0,07**	**0,1**	**7**	***2***
Anzahl Werte (n)	3676	20	2806	20	3393	3507	3245	*2827*

	pH- Wert*	***Sauerstoff* [mg/l]***	***Temperatur* [°C]***	**Leitfähigkeit [µS/cm]**	**Abfluss [m^3/s]**
Mittelwert	7,97	10,7	6,94	675	2,15
Minimum	**7,59**	**6,03**	1,12	262	0,411
Maximum	**8,35**	14,5	**11,9**	878	29,2
Anforderung	**7 – 8,5**	***> 7***	***< 20***		
Anzahl Werte (n)	3668	3675	3679	3679	

* Bei Sauerstoff ist der niedrigste, beim pH-Wert der niedrigste und der höchste und bei Wassertemperatur jeweils der höchste gemessene Wert sowie für Ammoniak das arithmetische Mittel aus den Jahresminimalwerten von maximal drei aufeinander folgenden Kalenderjahren als Maßstab zum Vergleich mit den Anforderungen heranzuziehen. Für die übrigen Parameter ist der Mittelwert entscheidend (fett gedruckt), für die Leitfähigkeit ist in der OGewV keine Anforderung definiert.
Alle Parameter außer Nitrit und TNb wurden online ermittelt (grau unterlegt). Nitrit und TNb wurden alle 7 bis 10 Tage im Labor bestimmt.

Der Vergleich der prozentualen Überschreitungen (im Falle von Sauerstoff: Unterschreitungen) der Anforderungen der Stundenmittelwerte der Parameter, welche in *Peppenkum* und am *Bickenaschbacherhof* innerhalb des vergleichbaren Messzeitraumes (20. Oktober 2017 bis 24. März 2018) erhoben wurden, lässt erkennen, dass am Standort *Peppenkum* die Anforderungen für Ammonium, Ammoniak und Gesamt-Phosphor deutlich häufiger überschritten und die Anforderungen für Sauerstoff häufiger unterschritten werden als am *Bickenaschbacherhof,* hingegen liegen die Gehalte an TOC am Standort flussabwärts öfter über den Anforderungen als flussaufwärts (siehe Abbildung 3.5-1).

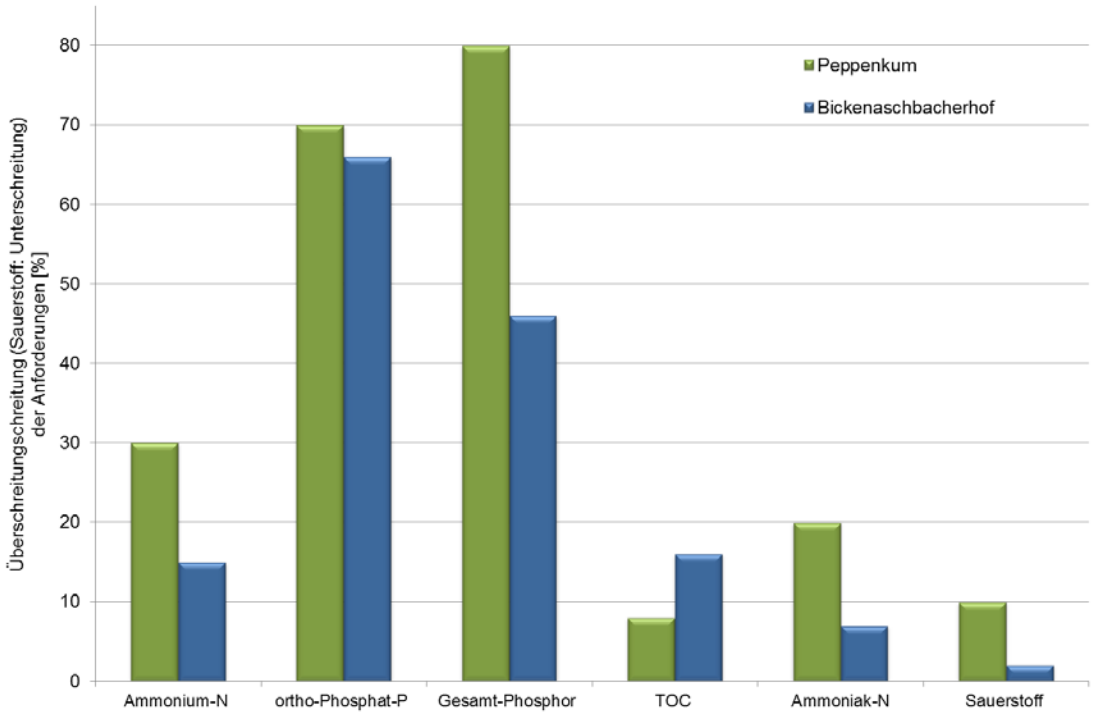


Abbildung 3.5-1: Vergleich der prozentualen Überschreitungen (im Falle von Sauerstoff: Unterschreitungen der Anforderungen der Konzentrationen der einzelnen Parameter (Stundenmittelwerte) in *Peppenkum* und am *Bickenaschbacherhof* innerhalb des vergleichbaren Messzeitraumes (20. Oktober 2017 bis 24. März 2018)

3.6 Frachten der Nährstoffe

Aus den unten stehenden Tabellen 3.6-1 und 3.6-2 lassen sich die Frachten für die einzelnen Substanzen an beiden Standorten entnehmen (siehe auch Abbildung 6-6a und 6-6b sowie 6-7a und 6-7b im Anhang). Für den Messzeitraum ergibt sich am Standort in *Peppenkum* neben 5,8 t Phosphor und 179 t organischem Kohlenstoff rein rechnerisch eine Stickstofffracht[18] von etwa 90 t.

Tabelle 3.6-1: Mittel, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Frachten der Bickenalb in *Peppenkum* sowie die Gesamtfracht im Messzeitraum vom 4. Oktober 2017 bis 27. Juni 2018

Fracht	**NO_3-N**	**NH_4-N**	**P_{ges}**	**davon PO_4-P**	**TOC**	**Abfluss [m^3/s]**
Mittelwert [kg/h]	13,8	0,326	0,901	0,458	28,1	1,07
Median [kg/h]	6,83	0,065	0,471	0,335	8,61	0,474
Minimum [kg/h]	1,73	nn	0,128	0,058	2,56	0,294
Maximum [kg/h]	212	5,81	46,7	4,20	865	20,9
Fracht im Messzeitraum[19] [t]	88,1	2,09	5,76	2,93	179	

[18] Als Summe der Fracht an Nitrat und Ammonium. Hinzu kommt – jedoch in deutlich geringeren Mengen – Stickstoff aus Nitrit und organischen Verbindungen.

[19] Um Messausfälle auszugleichen, wurde bei allen Parametern für jeden fehlenden Stundenmittelwert der Median des jeweiligen Datensatzes angenommen und dieser dann zur Summe der gemessenen Fracht addiert.

Am Standort am *Bickenaschbacherhof* belaufen sich die Frachten auf 6,7 t Phosphor, über 209 t organischen Kohlenstoff und fast 114 t Stickstoff[18].
Bei der Betrachtung der Tabellen ist zu berücksichtigen, dass der Zeitraum am *Bickenaschbacherhof* deutlich kürzer war, also eine geringere Fracht erfasst wurde. Zum direkten Vergleich der Frachten an beiden Standorten ist Abbildung 3.6-2 sowie Abbildungen 6-8 bis 6-13 im Anhang heranzuziehen.

Tabelle 3.6-2: Mittel, Median, Minima und Maxima der Stundenmittelwerte der Frachten der Bickenalb am *Bickenaschbacherhof* sowie die Gesamtfracht im Messzeitraum[19] vom 20. Oktober 2017 bis 26. März 2018

Fracht	**NO_3-N**	**NH_4-N**	**P_{ges}**	**davon PO_4-P**	**TOC**	**Abfluss [m^3/s]**
Mittelwert	29,9	0,641	1,86	0,616	61	2,15
Mittelwert [kg/h]	20,2	0,069	0,501	0,397	18,8	1,22
Median [kg/h]	3,96	nn	0,103	0,016	2,85	0,411
Minimum [kg/h]	464	24,2	141	14,4	2541	29,2
Maximum [kg/h]	112	1,88	6,66	2,27	209	
Fracht im Messzeitraum[20] [t]	112	1,88	6,66	2,27	209	

Um zu unterscheiden, welche Grundfrachten an Phosphor und Nitrat an einem bestimmten Punkt in einem Gewässer vorhanden sind und welche Mengen in Folge von Niederschlägen zusätzlich eingetragen werden, wird im Allgemeinen der jeweilige Abfluss-Median zur Abgrenzung von Basisabfluss und Regenereignissen herangezogen. Legt man dieses Kriterium für die beiden Standorte (und beide Messzeiträume) an, so ergibt sich für *Peppenkum* eine Grundfracht von 3,12 t Gesamt-Phosphor (davon im Mittel 84% als ortho-Phosphat-P) und 37,2 t Nitrat. In Folge von Niederschlägen, wenn also die Abflüsse über dem Median liegen, kommen noch einmal 2,64 t (46 % der Gesamtfracht) Phosphor und 50,9 t (58 %) Nitrat-Stickstoff hinzu. Für den Standort am *Bickenaschbacherhof* wurde anhand dieses Kriteriums eine Grundfracht von 1,45 t Gesamt-Phosphor (davon im Mittel 86 % als ortho-Phosphat-P) und 40 t Nitrat-Stickstoff ermittelt, wobei sich in abflussreicheren Zeiten diese Grundfrachten um 5,21 t (78 %) Phosphor und 72,3 t (64 %) Nitrat erhöhten.
Um darüber hinaus festzustellen, wie viele Tonnen Gesamt-Phosphor und Nitrat allein durch Oberflächeneinträge in das Gewässer transportiert wurden, wurden die oben beschriebenen Vorgehensweise in einem weiteren Schritt nun auf diejenigen Zeiträume angewandt, in denen es eindeutig zu Einträgen aus Oberflächeneinträgen gekommen ist (vgl. auch Abbildung 3.1-16 und 3.1-17). Die Berechnung ergab nach Abzug der oben genannten jeweiligen Grundfracht für den Standort in *Peppenkum* einen Eintrag von 3,43 t Gesamt-Phosphor und 58,6 t Nitrat-Stickstoff und für den Standort am *Bickenaschbacherhof* einen Eintrag von 5,62 t Gesamt-Phosphor und 77,2 t Nitrat-Stickstoff durch Oberflächeneinträge.
Dabei ist unbedingt zu beachten, dass im Einzugsgebiet der Bickenalb geogene Einträge von Phosphor sowie ein Eintrag über Grundwasser als vernachlässigbar erachtet werden können. Dies bedeutet, dass die bei mittleren und niedrigen Abflüssen vorhandenen Phosphor-Mengen auf die Einleitungen aus den Kläranlagen zurückzuführen sind.

[20] Um Messausfälle auszugleichen, wurde bei allen Parametern für jeden fehlenden Stundenmittelwert der Median des jeweiligen Datensatzes angenommen und dieser dann zur Summe der gemessenen Fracht addiert.

Die im oberen Teil dieses Kapitels vorgestellten Frachten beziehen sich auf den gesamten Messzeitraum des jeweiligen Standortes und sind daher nicht direkt miteinander vergleichbar. In Abbildung 3.5-1 (und 3.5-2) sind diejenigen Frachten dargestellt, die im selben Zeitraum vom 20. Oktober 2017 bis 26. März 2018 parallel an beiden Standorten gemessen wurden. Die Gesamt-Fracht stellt dabei die Menge der Substanz dar, die an der Grenze des Saarlandes nach Rheinland-Pfalz transportiert wurde (Station *Bickenschbacherhof*). Es zeigt sich deutlich, dass der überwiegende Anteil der Nährstoff-Mengen bereits beim Übertritt von Frankreich nach Deutschland im Gewässer vorhanden ist (grün markierte Anteile aus dem Teil-Einzugsgebiet Frankreich, Station *Peppenkum*), aus dem im saarländischen Teil des Einzugsgebietes stammen etwa 30 bis 40% der Belastungen. Im Falle von Ammonium ist eine Bilanzierung schwierig, da im Flussverlauf ein Großteil des Ammoniums abgebaut wird.

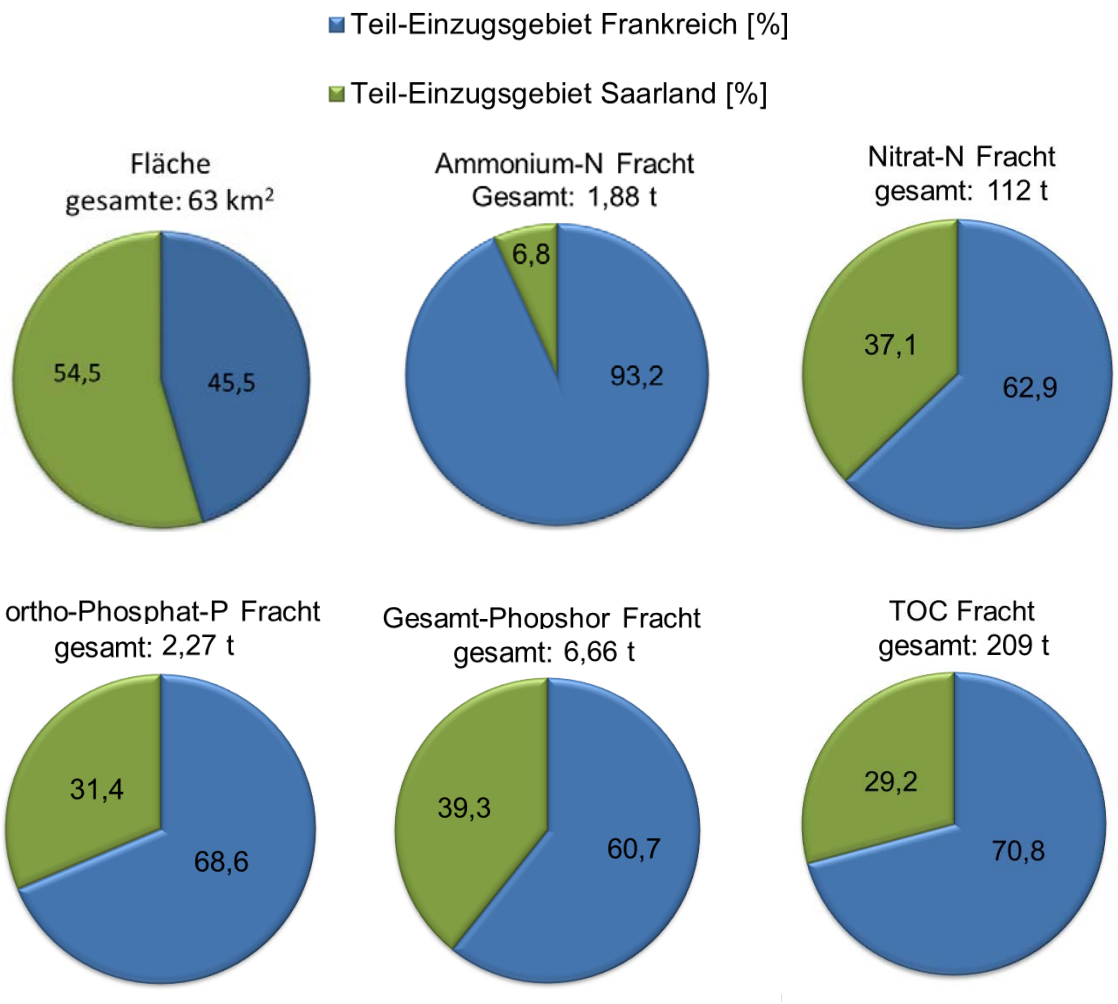


Abbildung 3.5-2: Flächenanteile, Gesamt-Frachten und Nährstoff-Frachten aus den Teil-Einzugsgebieten in Frankreich und im Saarland und (Messstationen *Peppenkum* und *Bickenaschbacherhof* (20. Oktober 2017 bis 26. März 2018)

Die oben beschriebene Grundfracht an Gesamt-Phosphor stellt den Anteil an Phosphor dar, der immer im Gewässer vorhanden ist und, da es keinen nennenswerte Belastung des Grundwassers mit Phosphor oder industrielle Einträge gibt, auf der dauerhaften Einleitung kommunalen Abwassers beruht. Die Tatsache, dass der Anteil an partikelgebundenem Phosphor an der Fracht von Gesamt-Phosphor an beiden Standorten für die zugrunde liegenden Zeiträume weit über 80% beträgt, bestätigt, dass große Phosphormengen zudem über Oberflächenabfluss transportiert werden, also aus Düngemitteln stammen. Zwar finden am Gewässerboden auch Ablagerungs- und Remobilisierungsprozesse statt, die

Ursache für das Vorhandensein der Phosphor-Mengen im Gewässer ist jedoch eindeutig, denn weitere Phosphor-Quellen im Einzugsgebiet der Bickenalb sind zudem nicht bekannt.
Der Vergleich in Abbildung 3.6-2 zeigt für beide Teil-Einzugsgebiete die Anteile der Gesamt-Phosphor-Frachten aus Oberflächeneinträgen, Kläranlagen und Mischwasserentlastungen. Es ist zu erkennen, dass im französischen Teil des Einzugsgebietes der prozentuale Anteil des Phosphors, der über Kläranlagen in das Gewässer gelang, deutlich höher ist als im saarländischen Teil-Einzugsgebiet. in beiden Teil-Einzugsgebieten werden große Mengen durch Erosion eingetragen, Belastungen aus Mischwasserentlastungen sind, wie für ein Einzugsgebiet im ländlichen Raum anzunehmen, eher gering.

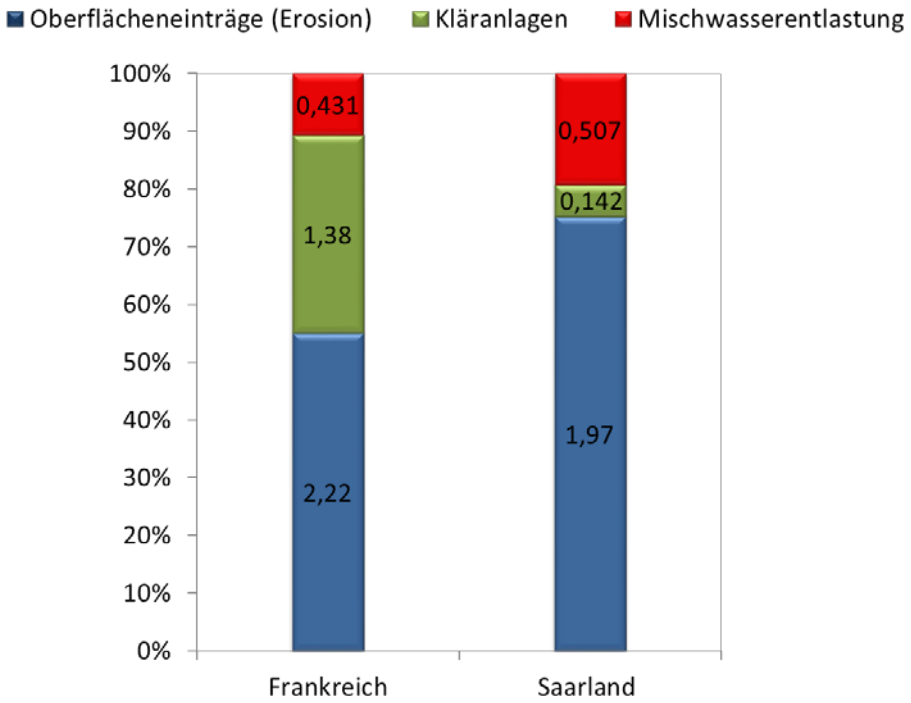


Abbildung 3.6-2: Prozentualer Anteil der Frachten von Gesamt-Phosphor aus den unterschiedlichen Belastungsquellen (Mischwasserentlastung, Oberflächenabfluss und Grundfracht; absolute Mengen in Tonnen auf den Balken) im französischen und im saarländischen Teil-Einzugsgebiet über den gemeinsamen Messzeitraum vom 20. Oktober 2017 bis 26. März 2018

Die Herkunftsbestimmung für Nitrat ist komplexer, denn dabei muss berücksichtigt werden, dass in der Herbst- und Winterphase im ganzen Einzugsgebiet Nitrat durch den Abbau organischer Substanz gebildet wird und bei Regen auch aus ungedüngten Böden (z.B. aus Grünland oder aus Waldgebieten) in das Gewässer gelangt. Legt man zugrunde, dass 42% des Einzugsgebietes mit Ackerland bedeckt sind, so kann geschätzt werden, dass mindestens die Hälfte des Nitrates von Ackerflächen stammt. Aus Grünland (36% der Einzugsgebietsfläche) und Wald (18%) wird grundsätzlich deutlich weniger Nitrat austragen. Geringe Mengen von Nitrat entstehen, verstärkt im Oberlauf des Flusses, zudem auch durch die Nitrifikation von Ammonium.

4. Zusammenfassung

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass an beiden Standorten starke Belastungen von landwirtschaftlich genutzten Flächen auftreten, wobei am Standort in *Peppenkum* meist deutlich höhere Konzentrationen an Nährstoffen zu verzeichnen sind. So kommt es einerseits über Zwischenabfluss zu Einträgen von Nitrat, andererseits wird durch Erosion neben partikelgebundenem Phosphor auch TOC in das Gewässer eingespült. Die TOC-Konzentrationen pendeln sich an beiden Standorten immer wieder auf ähnliche Basis-Gehalte ein.
Bei Regenereignissen wurden an beiden Standorten neben den flächenhaften Einträgen auch solche aus kommunalen Mischwasserentlastungen erfasst, wobei auch diese am Messpunkt in *Peppenkum* häufiger dokumentiert wurden.
Besonders gravierend stellt sich die Situation allerdings bei Trockenwetter im Bereich der deutsch-französischen Grenze dar. In *Peppenkum* wurden dabei sehr hohe, anhaltende Einträge von Ammonium und Phosphor (als ortho-Phosphat) aufgezeichnet, welche eindeutig auf die nahegelegenen Kläranlage *Erching* zurück zu führen sind. Auf Grund der natürlicherweise hohen pH-Werte der Bickenalb und der pH-Wert-Verschiebung durch Photosynthese kommt es zudem in hohem Maße zur Bildung von fischtoxischem Ammoniak.
Derartige Belastungen sind am *Bickenaschbacherhof* auch während abflussärmerer Zeiten nicht in zu beobachten. Zudem ergab auch die Beprobung der kleinen Pflanzen- und Teich-Kläranlagen im saarländischen Teil des Einzugsgebietes keinen Hinweis auf nennenswerte Einträge in die Bickenalb.
Mit Hilfe der Sauerstoff-Flöße an weiteren drei Messpinkten entlang der Gewässerverlaufes konnte beobachtet werden, dass die Einflüsse der Kläranlage *Erching* sich zudem negativ auf die Sauerstoff-Gehalte auswirken. Insgesamt weist das Gewässer trotz seiner über weite Strecken guten Gewässerstruktur eine durchgehende Sauerstoff-Untersättigung auf, wobei die Defizite im Grenzbereich zeitweise wesentlich ausgeprägter waren als an den übrigen Messpunkten. Übersättigungen traten an beiden Messstationen gelegentlich während des Frühjahrs auf Grund der photosynthetischen Aktivität der Algen und Grünpflanzen im Wasser auf. Die täglichen Schwankungen der Sauerstoff-Gehalte sowie auch der pH-Werte lassen auf eine Eutrophierung des Gewässers an beiden Standorten schließen.
Vornehmlich Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat überschritten sowohl in *Peppenkum* als auch am *Bickenaschbacherhof* sehr häufig die in der OGewV verankerten Anforderungen. Die Gehalte an Ammonium lagen ebenfalls an beiden Standorten oft über dem entsprechenden Wert, bei den Nitrat-Gehalten konnten nur gelegentlich Überschreitungen festgestellt werden.
Letztlich konnte anhand des Vergleichs der Frachten über den entsprechenden Zeitraum vom 20. Oktober 2017 bis 26. März 2018 festgestellt werden, dass der überwiegende Anteil der Nährstoff-Mengen von Frankreich nach Deutschland transportiert wird, aus dem im saarländischen Teil des Einzugsgebietes stammt etwa ein Drittel (für Ammonium etwa ein Viertel) der Belastungen.

5. Literatur

[1] HTTPS://DE.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BICKENALB

[2] MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ in Zusammenarbeit mit dem LANDESAMT FÜR UMWELT- UND ARBEITSSCHUTZ: 2. Bewirtschaftungsplan nach Artikel 13 der Richtlinie 200/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 für das Saarland; Saarbrücken, Dezember 2015

[3] MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ in Zusammenarbeit mit dem LANDESAMT FÜR UMWELT- UND ARBEITSSCHUTZ: Maßnahmenprogramm nach Artikel 11 der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 22.12.2000) EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL); Betrachtungsräume: Saar, Mittlere Saar, Untere Saar, Blies, Schwarzbach, Glan, Nahe; Saarbrücken, Dezember 2006

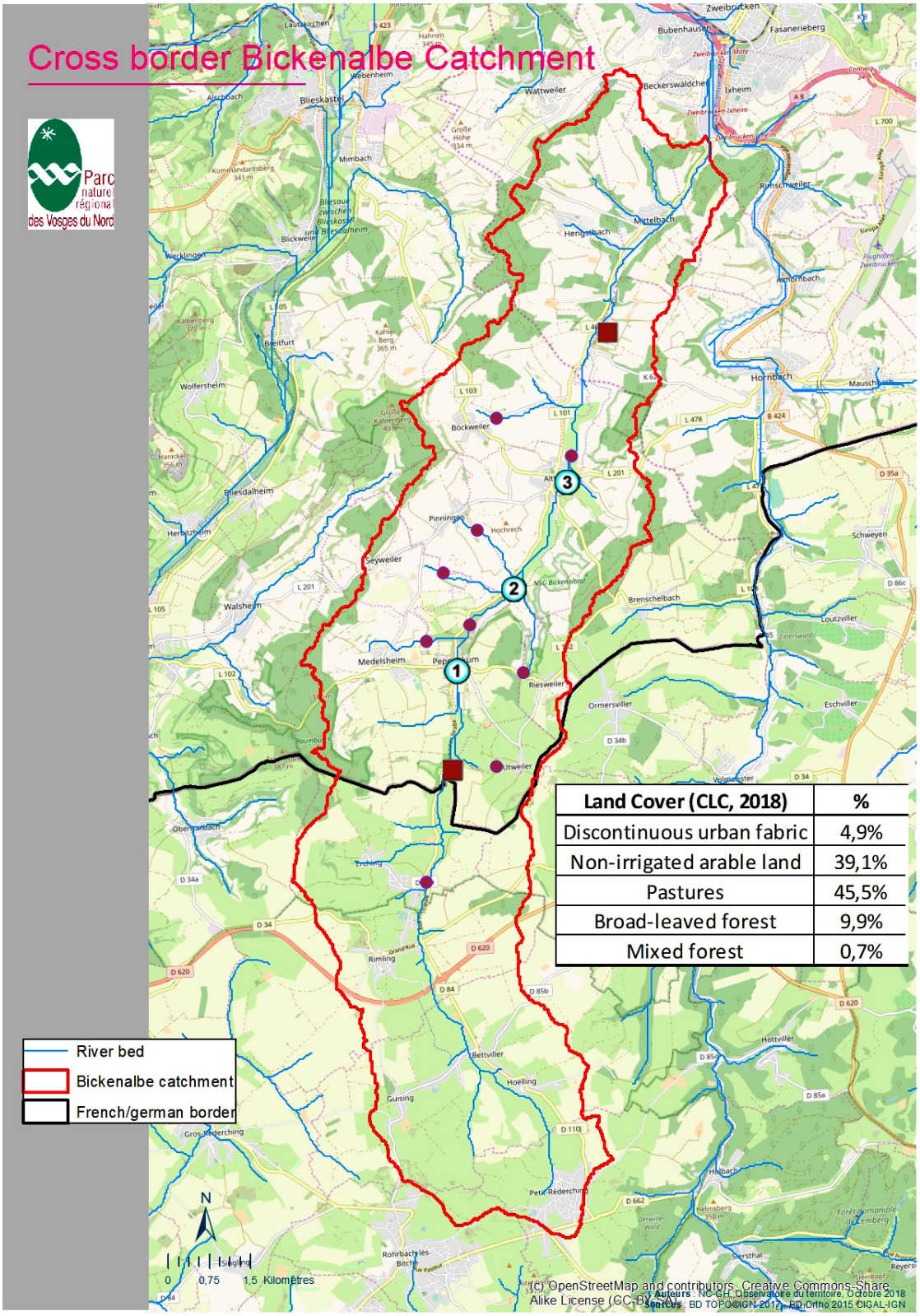
[4] MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ IN ZUSAMMENARBEIT MIT DEM LANDESAMT FÜR UMWELT- UND ARBEITSSCHUTZ: Maßnahmenprogramm Saarland nach Artikel 11 der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 22.12.2000) EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) Betrachtungsräume: I Saar, II Blies, III Mittlere Saar, IV Bist-Rossel, V Prims, VI Nied, VII Untere Saar, VIII Mosel, IX Leuk, X Nahe, XI Glan, XII Schwarzbach; Dezember 2015

[5] VERORDNUNG ZUM SCHUTZ DER OBERFLÄCHENGEWÄSSER - Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373)

6. Anhang

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

Parameter	**Messbereich**	**Messprinzip**
Sauerstoff gelöst (O_2)	0 – 20 mg/l	optisch (Lumineszenz) Bezugstemperatur: 25°C
pH-Wert	2 – 14	elektrochemisch Bezugstemperatur: 25°C
Wassertemperatur	0 – 50 °C	
Leitfähigkeit	0 – 4000 µS/cm	elektrochemisch/konduktometrisch bei 25°C Bezugstemperatur
Trübung	0 – 100 FNU	nephelometrisch
Nitrat (NO_3 bzw. NO_x-N)	0,1 – 100 mg/l	direkte Absorption (UV-Bereich)
Ammonium (NH_4-N)	0,02 – 2 mg/l	photometrisch (Indophenolblau-Verfahren bei 655 nm)
Gesamt-Phosphor (P_{ges}) und ortho-Phosphat (PO_4-P)	0,02 – 5 mg/l	photometrisch (Molybdänblau-Verfahren bei 880 nm)
	0,02 – 5 mg/l	
Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC)	0,1 – 100 mg/l	Austreibmethode (Messung von CO_2 mittels IR-Detektion)
Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC)	0,1 – 100 mg/l	Differenzmethode (Messung von CO_2 mittels IR-Detektion)



Land Cover (CLC, 2018)	%
Discontinuous urban fabric	4,9%
Non-irrigated arable land	39,1%
Pastures	45,5%
Broad-leaved forest	9,9%
Mixed forest	0,7%

Abbildung 6-1: Gesamtes Einzugsgebiet der Bickenalb mit Messstationen. Messpunkten der Sauerstoff-Messungen und Kläranlagen (Quelle: Parc naturel régional des Vosges du Nord)

Abbildung 6-2: Messstation in *Peppenkum*

Abbildung 6-3: Flöße mit je einem Sauerstoff-/Temperatursensor am Schwimmkörper (oben) und einem Drucksensor (zur Wasserstandsmessung) auf der Bodenplatte

Abbildung 6-4: automatischer Probenehmer mit Solarpaneel am Medelsheimer Bach

OWK-Nr.	Gewässer-name	Richtlinie	Defizit	Maßnahme
XII-2	Bickenalb	Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG)	Ortslage Altheim nicht angeschlossen	Fertigstellung des Sammlers - Anschluss der Ortslage an die Kläranlage Altheim (2008 erfolgt)
			Kläranlage Altheim	Fertigstellung der Kläranlage (2008 erfolgt)
			Ortslage Peppenkum nicht angeschlossen	Fertigstellung des Sammlers - Anschluss der Ortslage an die Kläranlage Peppenkum
			Kläranlage Peppenkum	Fertigstellung der Kläranlage (2008 im Bau)
			Ortslage Böckweiler nicht angeschlossen	Fertigstellung des Sammlers - Anschluss der Ortslage an die Kläranlage Böckweiler (2008 erfolgt)
			Kläranlage Böckweiler	Fertigstellung der Kläranlage (seit 2008 in Betrieb)
			Ortslage Pinningen nicht angeschlossen	Fertigstellung des Sammlers - Anschluss der Ortslage an die Kläranlage Pinningen (2008 erfolgt)
			Kläranlage Pinningen	Fertigstellung der Kläranlage (seit 2008 in Betrieb)
			Ortslage Seyweiler nicht angeschlossen	Fertigstellung des Sammlers - Anschluss der Ortslage an die Kläranlage Seyweiler (2008 erfolgt)
			Kläranlage Seyweiler	Fertigstellung der Kläranlage (seit 2008 in Betrieb)
			Ortslage Riesweiler nicht angeschlossen	Fertigstellung des Sammlers - Anschluss der Ortslage an die Kläranlage Riesweiler (2008 erfolgt)
			Kläranlage Riesweiler	Fertigstellung der Kläranlage (seit 2008 in Betrieb)
			Ortslage Utweiler nicht angeschlossen	Anschluss der Ortslage an die Kläranlage Utweiler (2006 erfolgt)
			Kläranlage Utweiler	Fertigstellung der Kläranlage (seit 2007 in Betrieb)
			Ortslage Medelsheim nicht angeschlossen	Anschluss der Ortslage an die Kläranlage (2006 erfolgt)
			Kläranlage Medelsheim	Fertigstellung der Kläranlage (seit 2007 in Betrieb)
			Ortslage Medelsheim teilweise nicht angeschlossen	Fertigstellung des Sammlers - Anschluss der Ortslage an die Kläranlage Peppenkum

Abbildung 6-5: Stand der Abwasserentsorgung im Einzugsgebiet der Bickenalb im Jahr 2006 [3]

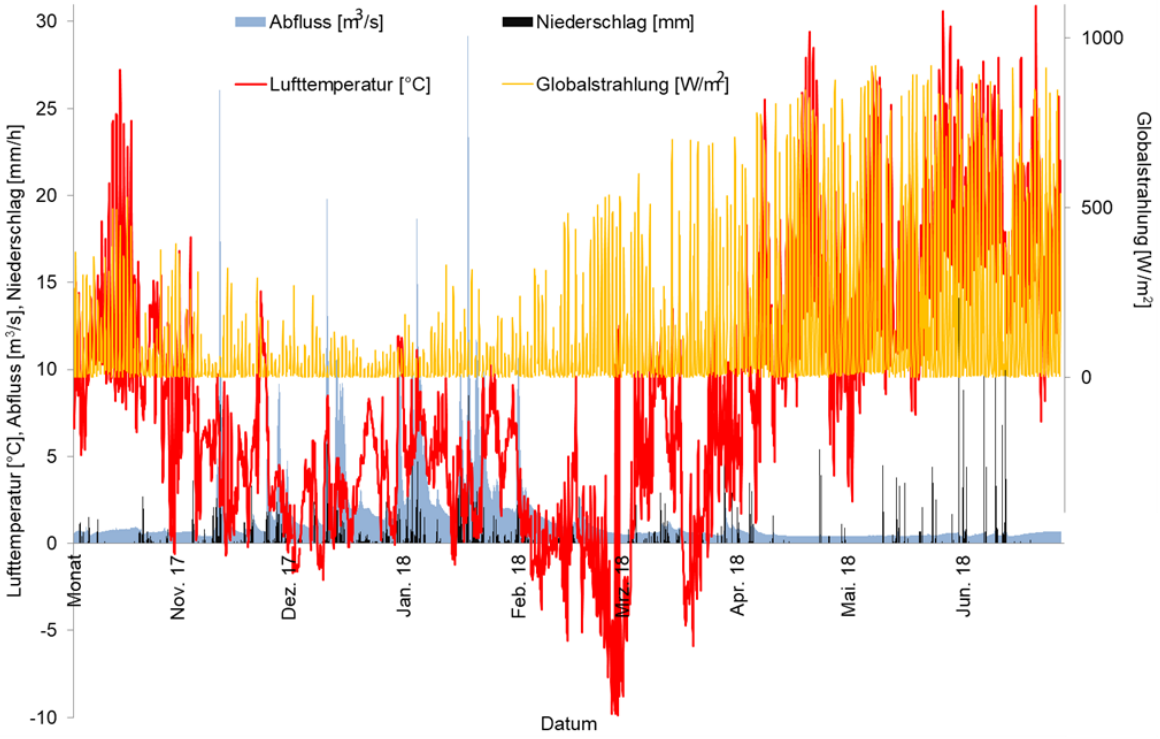


Abbildung 6-6: Abfluss (Pegel *Bickenaschbacherhof*) sowie Niederschläge, Lufttemperatur und Globalstrahlung (Wetterstation *Assweiler)* über den gesamten Messzeitraum (4. Oktober bis2017 bis 27. Juni 2018)

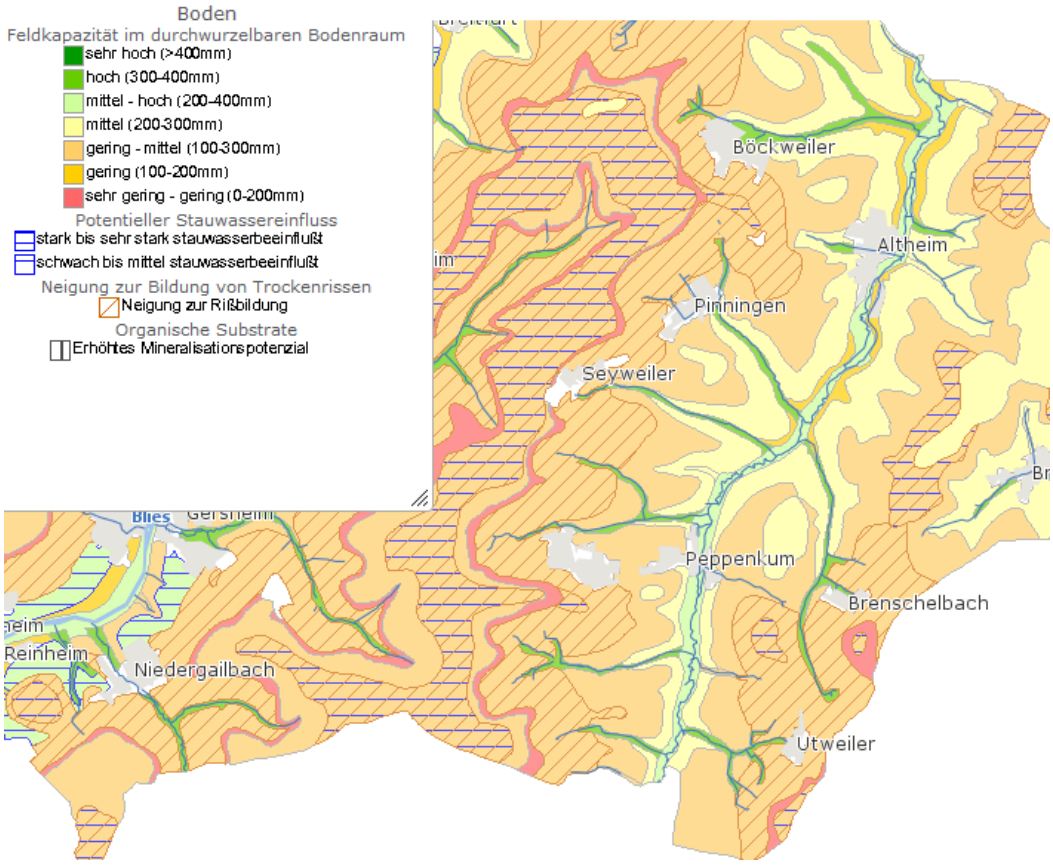


Abbildung 6-7: Nitratrückhaltevermögen der Böden im Einzugsgebiet (Maßstab ca. 1:44.000, Quelle: geoportal.saarland.de)

Tabelle 6-2: Mittelwerte, Minima und Maxima der monatlichen Beprobungen des LUA in *Peppenkum*, Güderkircher Str., Zollstation (Messstellen-Nr. 82) der Jahre 2008 und 2012

	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]**	**O_2 [mg/l]**	**pH-Wert**	**Leitfähigkeit [µS/cm]**	**Temperatur [°C]**
Mittelwert	3,35	0,041	0,137	**3,90**	**0,346**	**0,361**	**3,62**	9,11	8,04	732	10,43
Minimum	1,77	0,012	0,051	**2,60**	**0,090**	**0,100**	**1,30**	5,90	7,85	640	1,10
Maximum	4,52	0,085	0,653	**5,50**	**1,100**	**1,100**	**5,90**	13,21	8,23	875	17,50

Tabelle 6-3: Mittelwerte der Beprobungen der Klein-Kläranlagen mit Hilfe des automatischen Probenehmers

Name / Ort	**Beprobungs-zeitraum**	**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]**	**TIC [mg/l]**	**pH-Wert-**	**LF [µS/cm]**
Riesweiler	3.- 7. 01.2018	1,78	0,016	0,023	1,99	0,059	0,189	5,88		8,52	474
Böckweiler	16. - 21.11.2017	3,19		0,051	3,33	0,144	0,245	11,9	54,5	8,44	793
Pinningen	29.11. - 04.12.2017	4,53	0,022	0,103	4,31	0,077	0,106	5,14	74,4	8,38	693
Seyerweiler	13. - 18. 12.2017	2,91	0,039	0,207	3,18	0161	0,184			8,31	691
Medelsheim	25. - 30.01.2018	2,93	0,034	0,118	2,81	0,084	0,146	6,24	71,1	8,52	637
Utweiler	11. - 15.01.2018	2,84	0,02	0,09	3,1	0,111	0,412	7,45		8,42	622

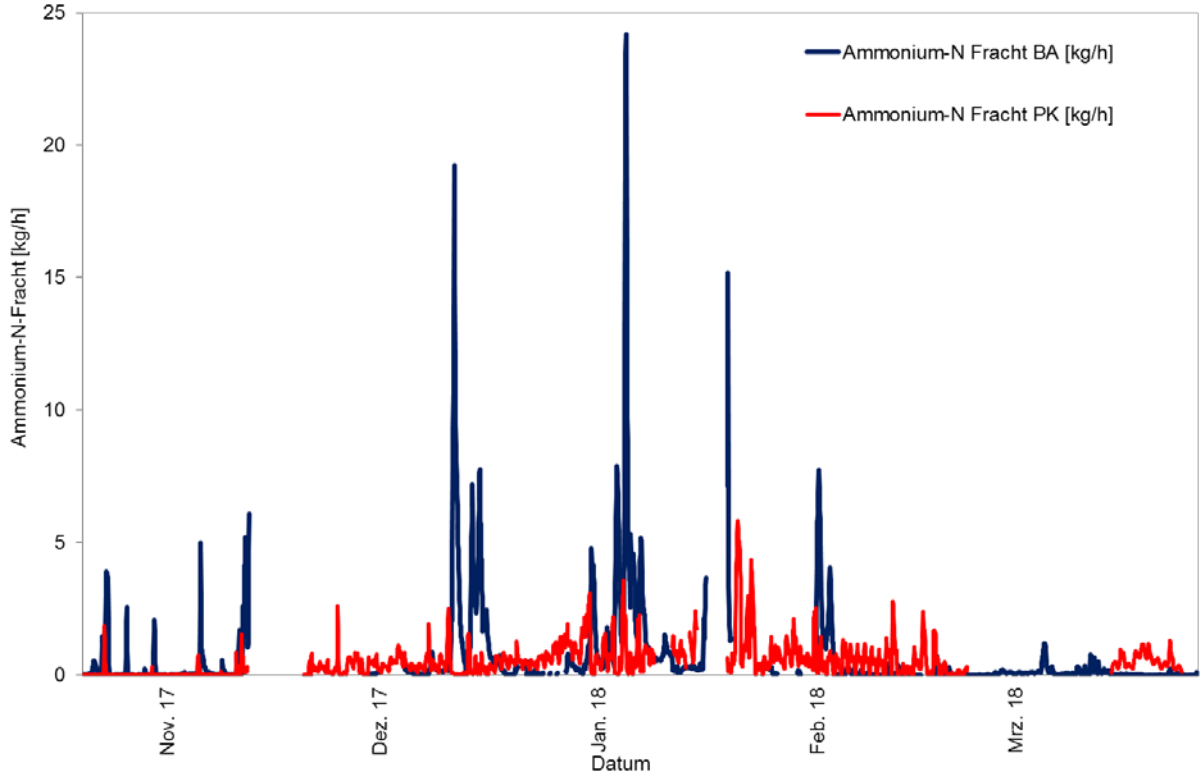


Abbildung 6-8: Vergleich der Ammonium-N-Frachten in *Peppenkum* (PK) und am *Bickenaschbacherhof* (BA) über den vergleichbaren Messzeitraum (10. Oktober bis 2017 bis 26. März 2018)

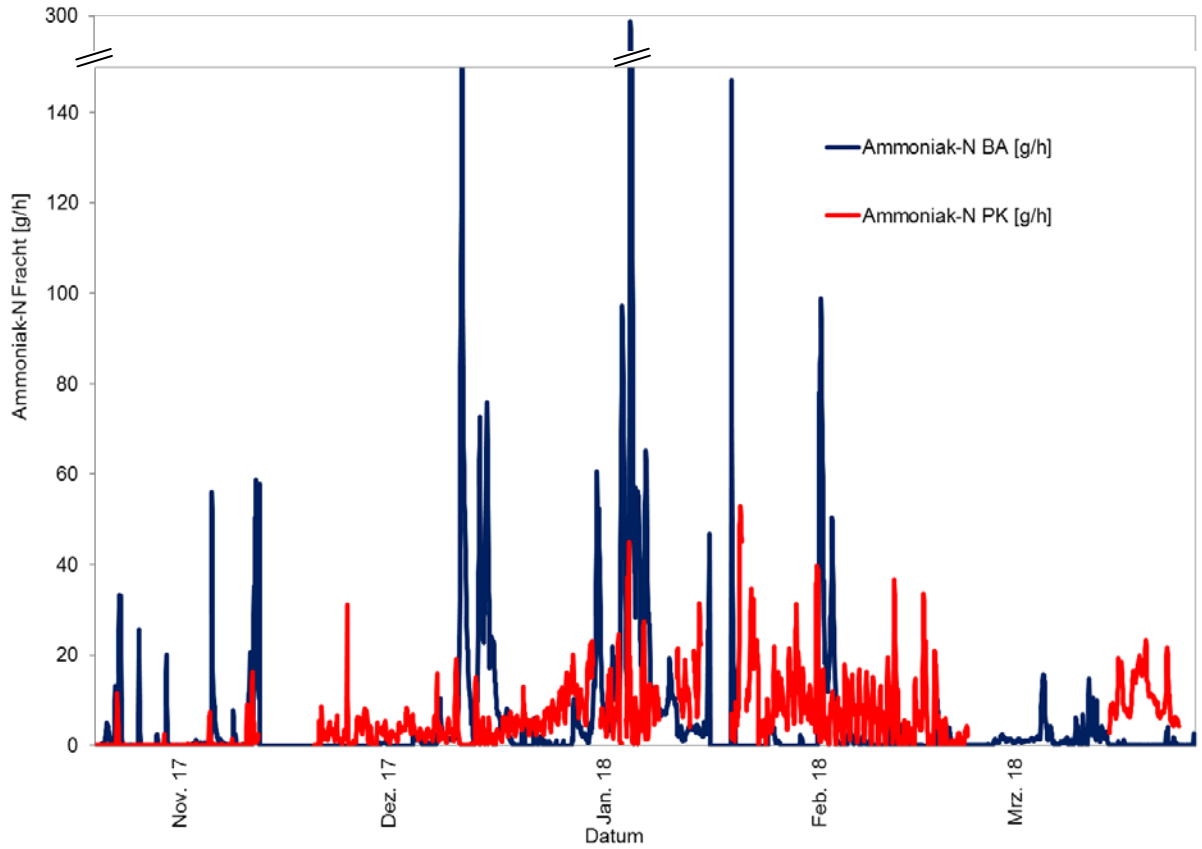


Abbildung 6-9: Vergleich der Ammoniak-N-Frachten in *Peppenkum* (PK) und am *Bickenaschbacherhof* (BA) über den vergleichbaren Messzeitraum (10. Oktober bis 2017 bis 26. März 2018)

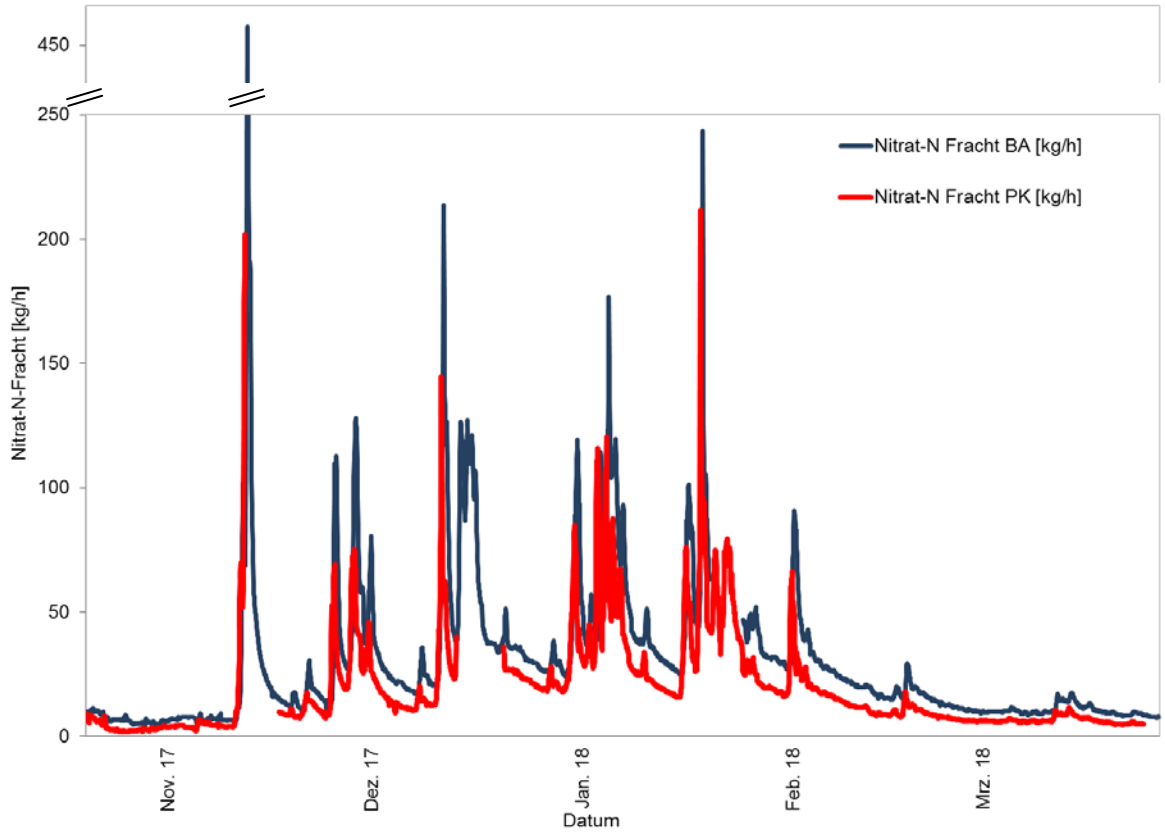


Abbildung 6-10: Vergleich der Nitrat-N-Frachten in *Peppenkum* (PK) und am *Bickenaschbacherhof* (BA)über den vergleichbaren Messzeitraum (10. Oktober bis 2017 bis 26. März 2018)

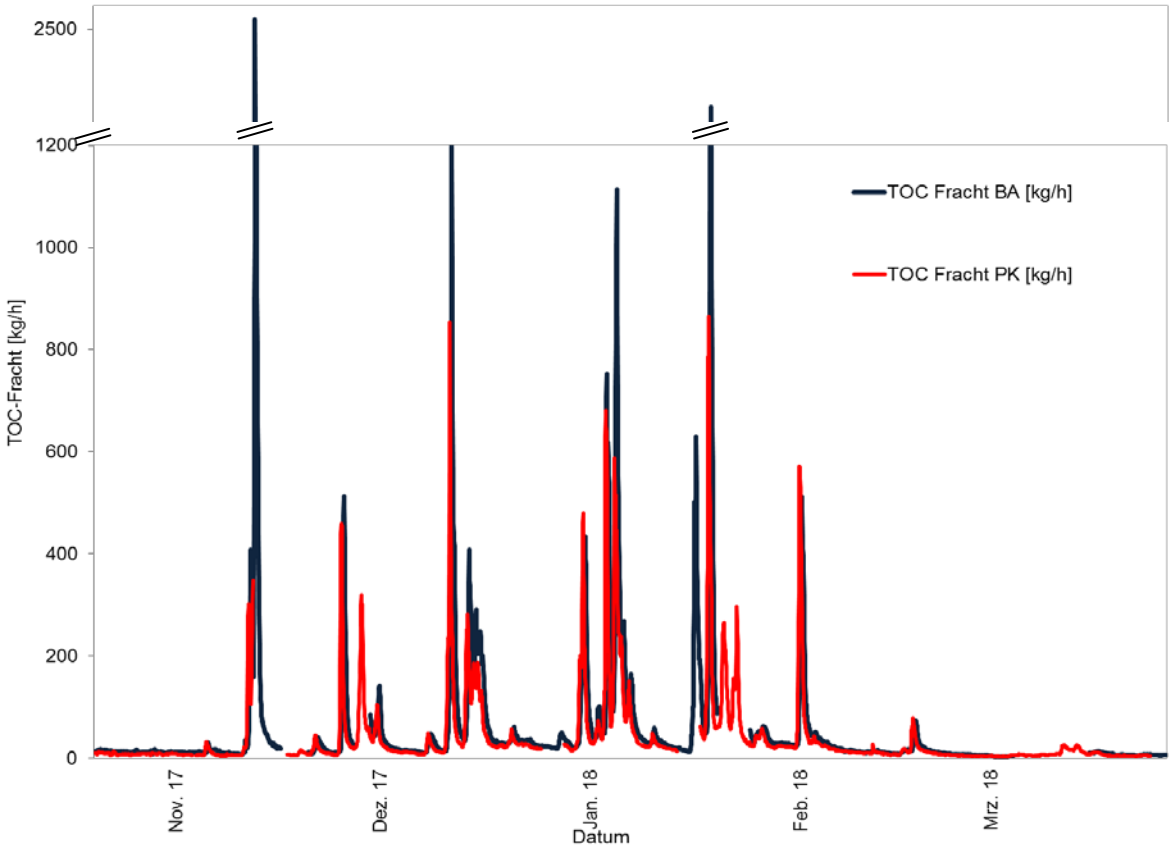


Abbildung 6-11: Vergleich der TOC-Frachten in *Peppenkum* (PK) und am *Bickenaschbacherhof* (BA) über den vergleichbaren Messzeitraum (10. Oktober bis 2017 bis 26. März 2018)

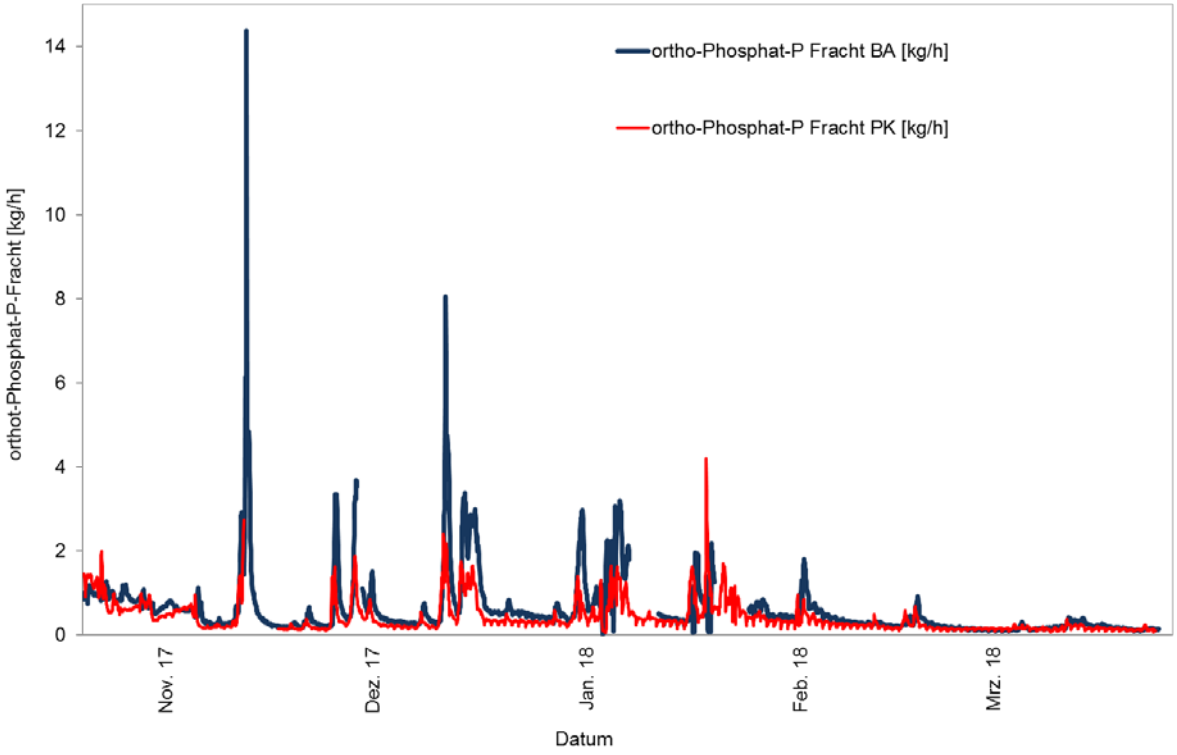


Abbildung 6-12: Vergleich der Frachten an ortho-Phosphat-P *Peppenkum* (PK) und am *Bickenaschbacherhof* (BA) über den vergleichbaren Messzeitraum (10. Oktober bis 2017 bis 26. März 2018)

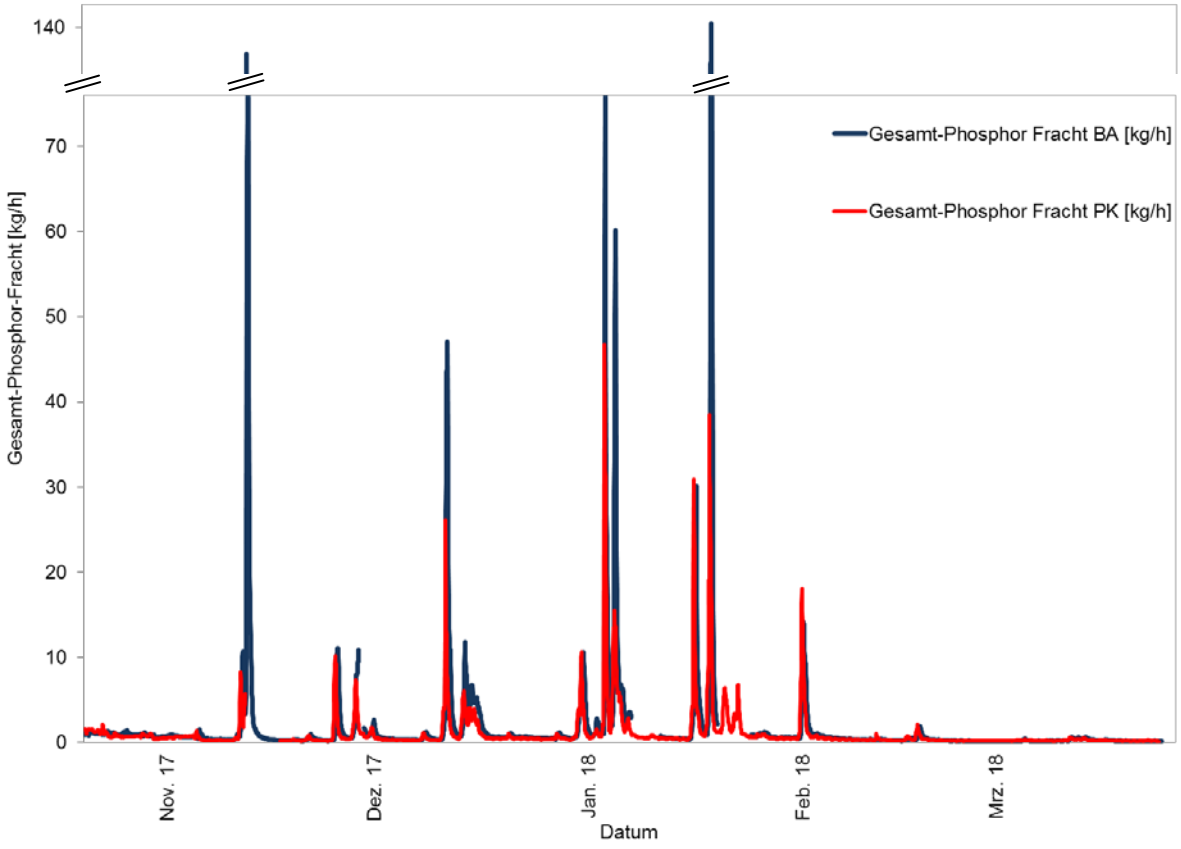


Abbildung 6-13: Vergleich der Frachten an Gesamt-Phosphor in *Peppenkum* (PK) und am *Bickenaschbacherhof* (BA) über den vergleichbaren Messzeitraum (10. Oktober bis 2017 bis 26. März 2018)

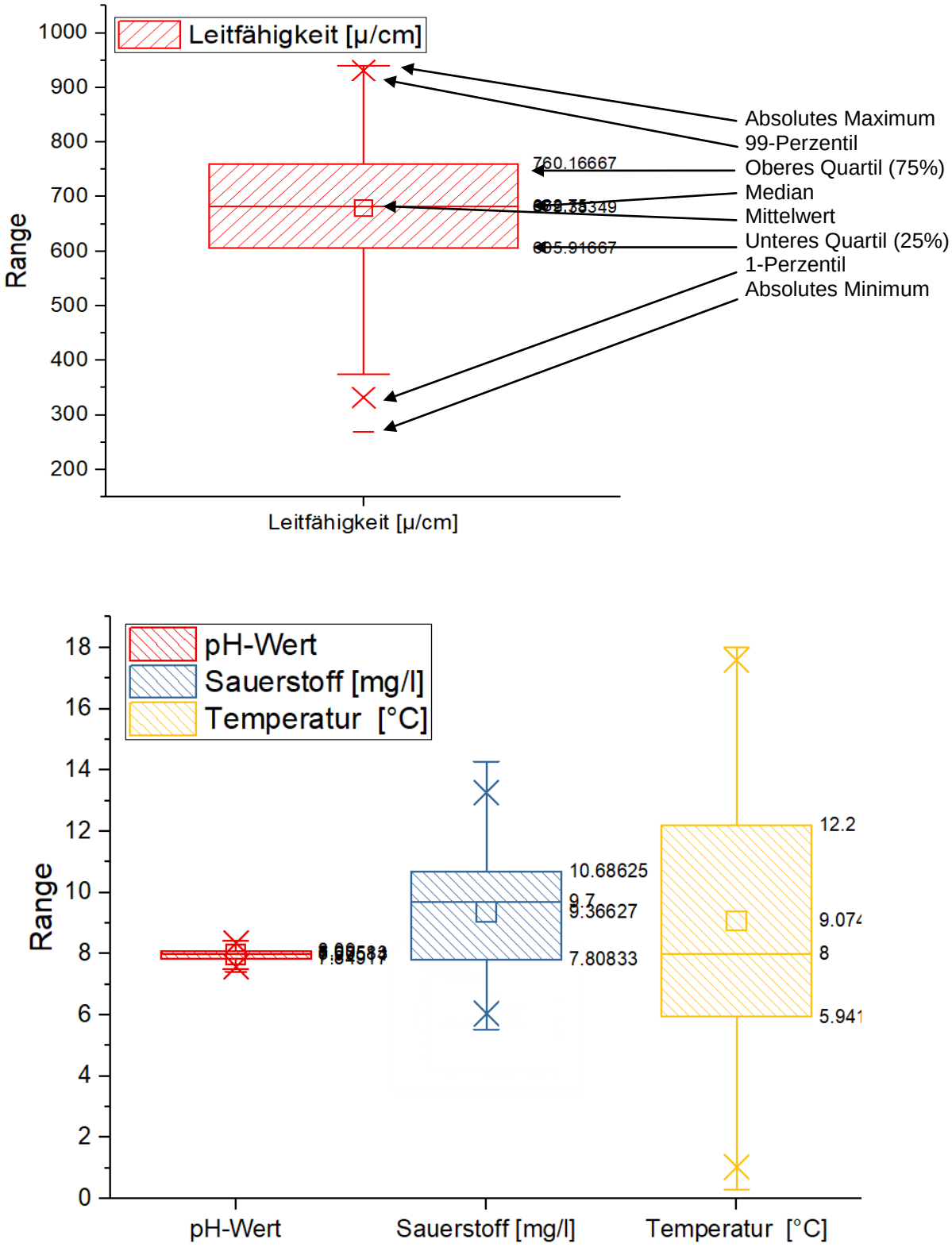


Abbildung 6-14a und b: Verteilung der Messwerte der online erhobenen Parameter Leitfähigkeit (oben) sowie pH-Wert, Sauerstoff und Temperatur (unten) in *Peppenkum* im gesamten Messzeitraum (4. Oktober 2017 bis 27. Juni 2018)

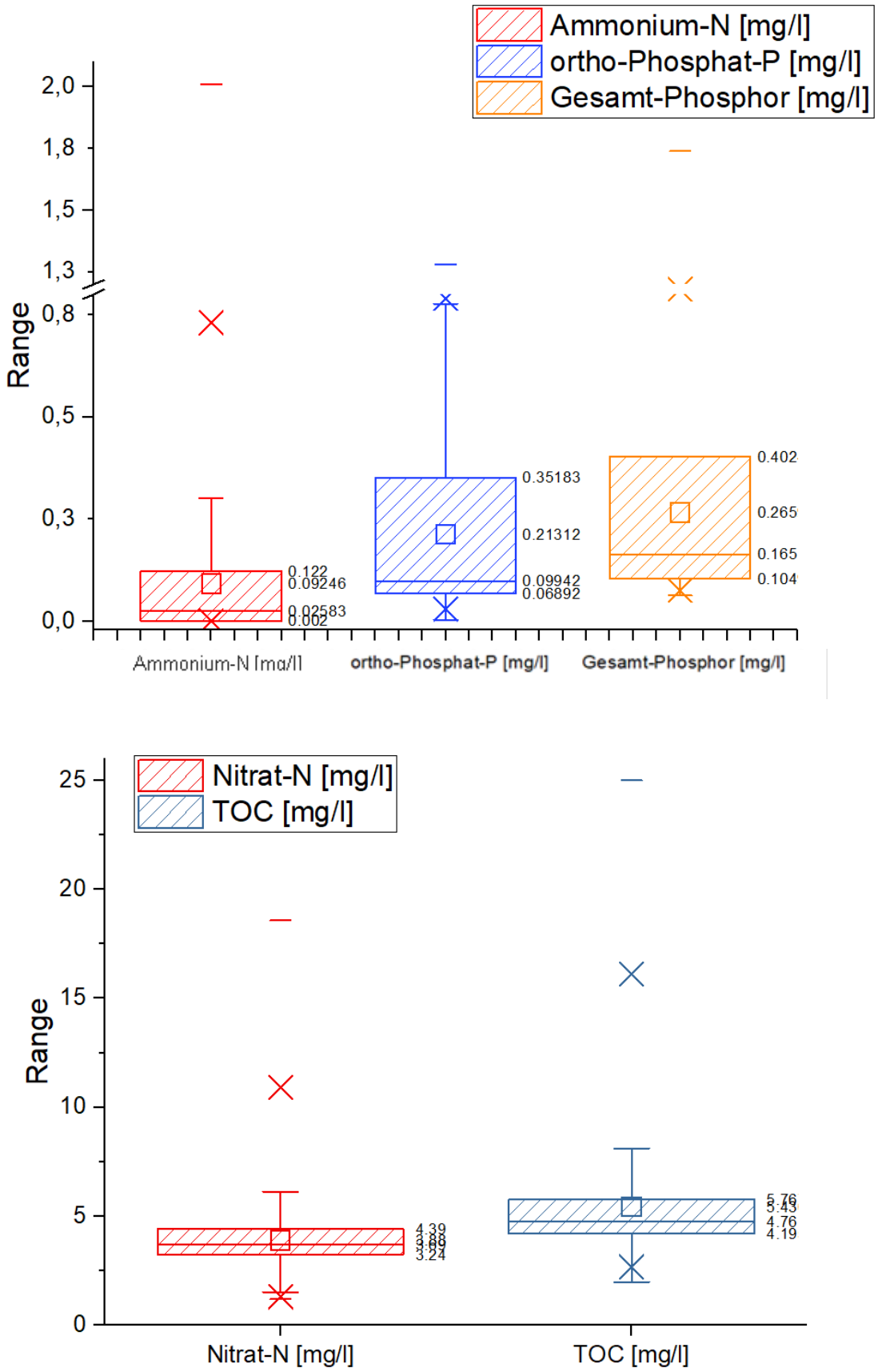


Abbildung 6-14c und d: Verteilung der Messwerte der online erhobenen Parameter Ammonium-N, Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat-P (oben) sowie Nitrat-N und TOC (unten) in *Peppenkum* im gesamten Messzeitraum (4. Oktober 2017 bis 27. Juni 2018)

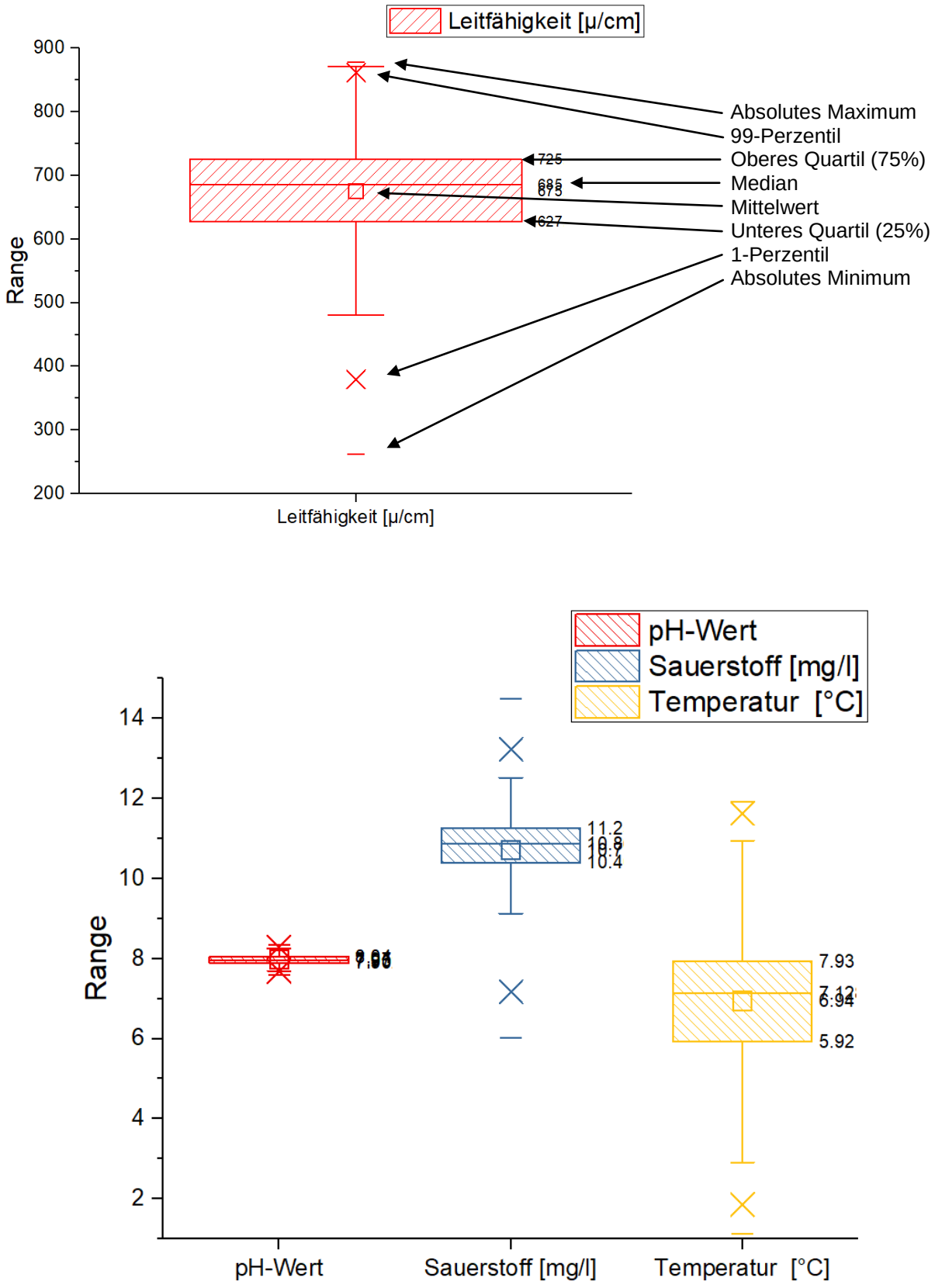


Abbildung 6-15a und b: Verteilung der Messwerte der online erhobenen Parameter Leitfähigkeit (oben) sowie pH-Wert, Sauerstoff und Temperatur (unten) am *Bickenaschbacherhof* im gesamten Messzeitraum (20. Oktober 2017 bis 26. März 2018)

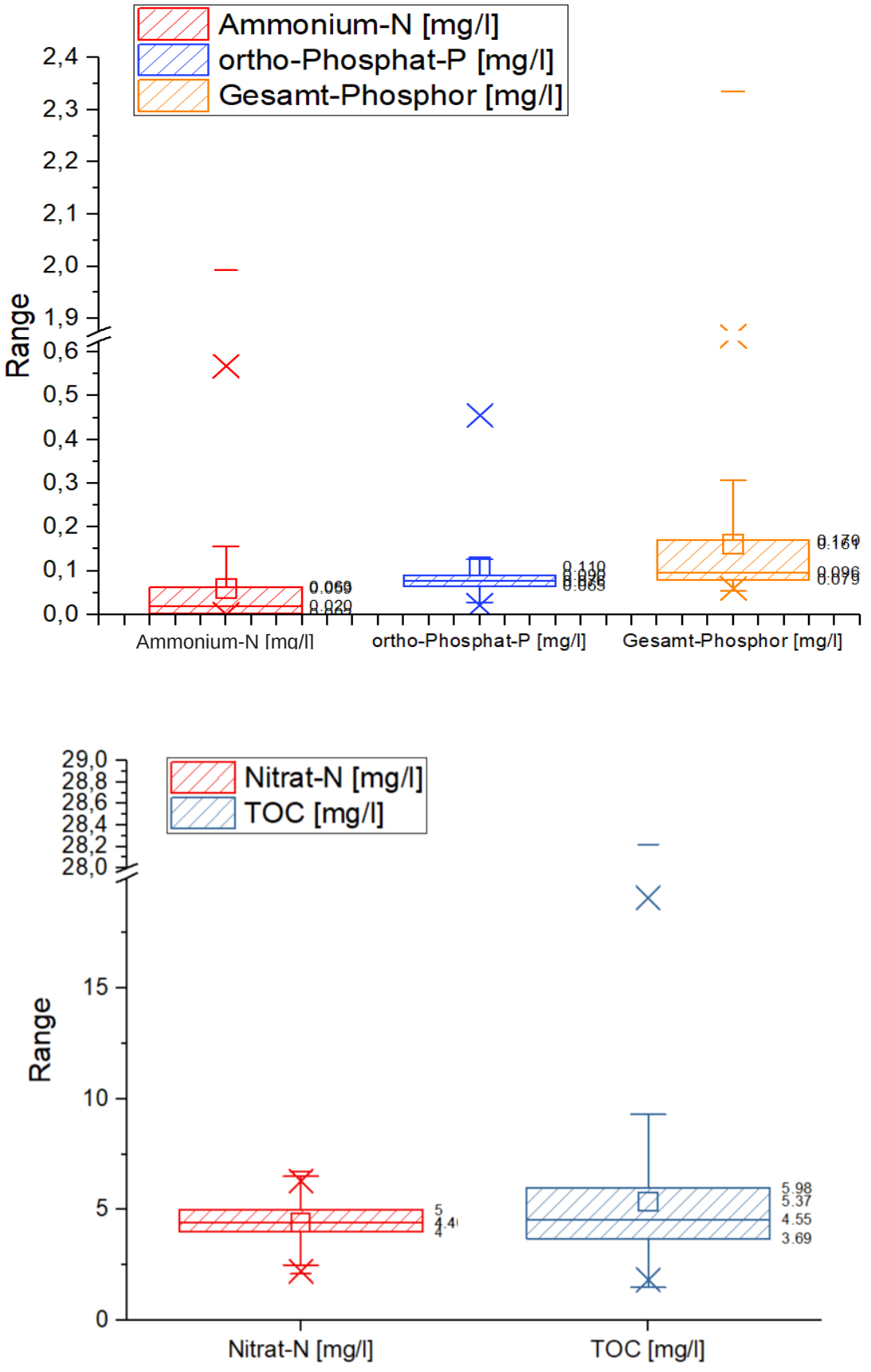


Abbildung 6-15c und d: Verteilung der Messwerte der online erhobenen Parameter Ammonium-N, Gesamt-Phosphor, ortho-Phosphat-P (oben) sowie Nitrat-N und TOC (unten) am *Bickenaschbacherhof* im gesamten Messzeitraum (20. Oktober 2017 bis 26. März 2018)

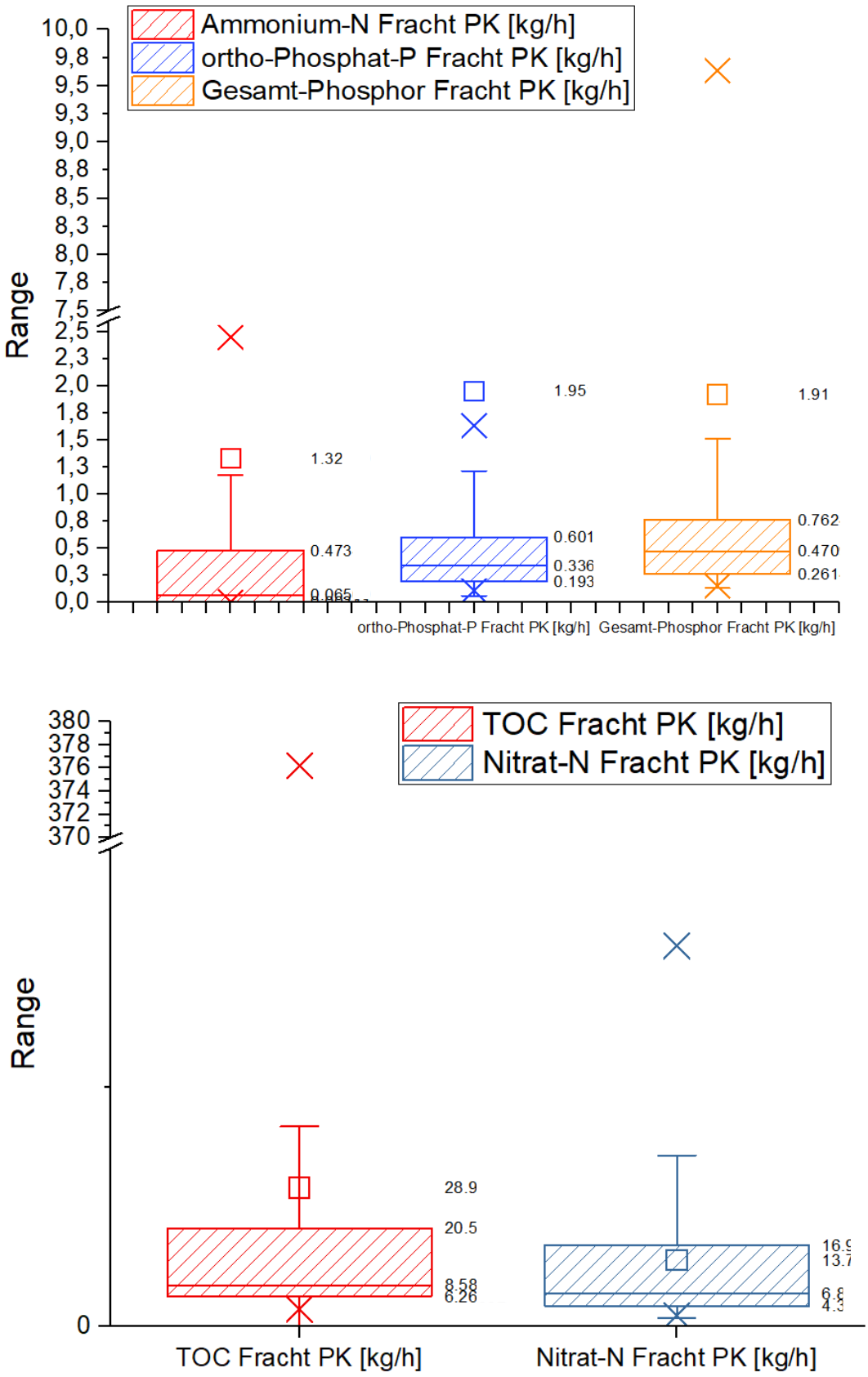


Abbildung 6-16a und b: Verteilung der ermittelten Frachten der online erhobenen Parameter Ammonium-N, ortho-Phosphat-P und Gesamt-Phosphor (oben) sowie TOC und Nitrat-N (unten) in *Peppenkum* im gesamten Messzeitraum (4. Oktober 2017 bis 27. Juni 2018)

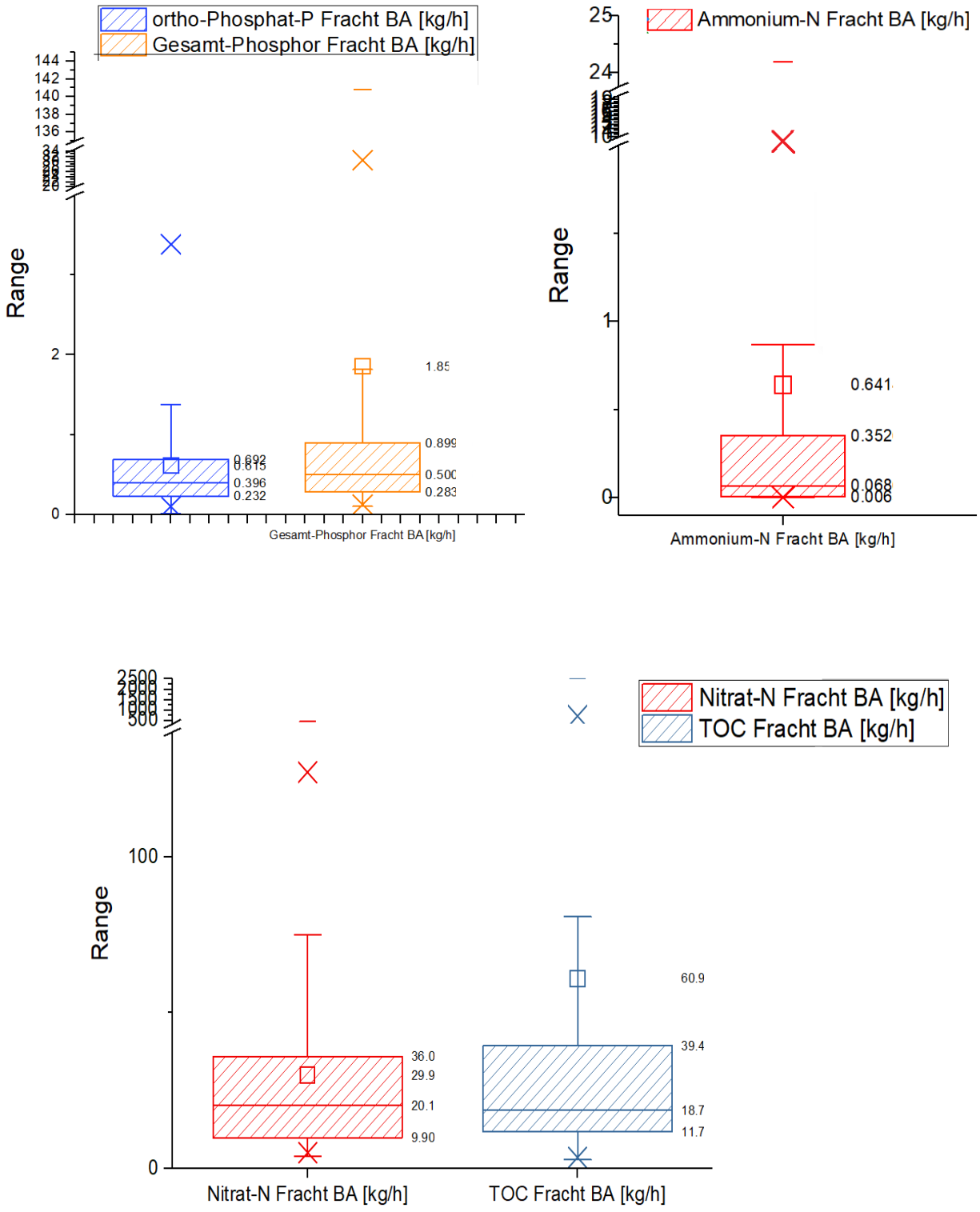


Abbildung 6-17a und b: Verteilung der ermittelten Frachten der online erhobenen Parameter Ammonium-N, Gesamt-Phosphor und ortho-Phosphat-P (oben) sowie Nitrat-N und TOC (unten) am *Bickenaschbacherhof* im Messzeitraum (20. Oktober 2017 bis 26. März 2018)

Tabelle 6-4: Mittelwerte, Minima und Maxima der monatlichen Beprobungen des LUA in *Torhausmühle* in *Altheim* (Messstellen-Nr. 84) der Jahre 2008, 2011, 2012 und 2015

	NO_3-N [mg/l]	**NO_2-N [mg/l]**	**NH_4-N [mg/l]**	**TNb [mg/l]**	**PO_4-P [mg/l]**	**P_{ges} [mg/l]**	**TOC [mg/l]**
Mittelwert	3,42	0,030	0,060	3,92	0,249	0,251	3,84
Minimum	0,20	0,009	0,026	1,00	0,064	0,063	1,00
Maximum	4,97	0,058	0,173	5,90	0,630	0,656	7,60

	Sauerstoff [mg/l]	**pH- Wert**	**Leitfähigkeit [µS/cm]**	**Temperatur [°C]**
Mittelwert	8,78	7,98	759	11,47
Minimum	4,90	7,69	625	0,70
Maximum	13,44	8,20	948	19,00

Tabelle 6-5: Jahresmittelwerte der manuellen Beprobungen durch die Agence de l'Eau Rhin-Meuse in *Erching* (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

	NO_3-N [mg/l]	**NO_2-N [mg/l]**	**NH_4-N [mg/l]**	**PO_4-P [mg/l]**	**Pges [mg/l]**
2010	5,65	0,097	0,210	0,946	0,98
2013	3,61	0,097	0,373	0,731	0,72
2014	5,38	0,189	0,264	1,142	1,1
2015	3,21	0,113	0,606	1,859	1,72
2016	4,79	0,037	0,109	1,337	1,3

	Sauerstoff [mg/l]	**pH- Wert**	**Leitfähigkeit [µS/cm]**	**Temperatur [°C]**
2010	7,6	7,9 – 8,15	771	15,7
2013	7,9	8,1 – 8,5	704	16
2014	5,9	7,7 – 8,2	696	17,6
2015	5,6	7,45 – 8,2	709	15,7
2016	4	7,7 – 8,2	785	16

Abbildung 6-18: Probenahmestelle der behördlichen Beprobung in Frankreich (Quelle: http://rhin-meuse.eaufrance.fr/)

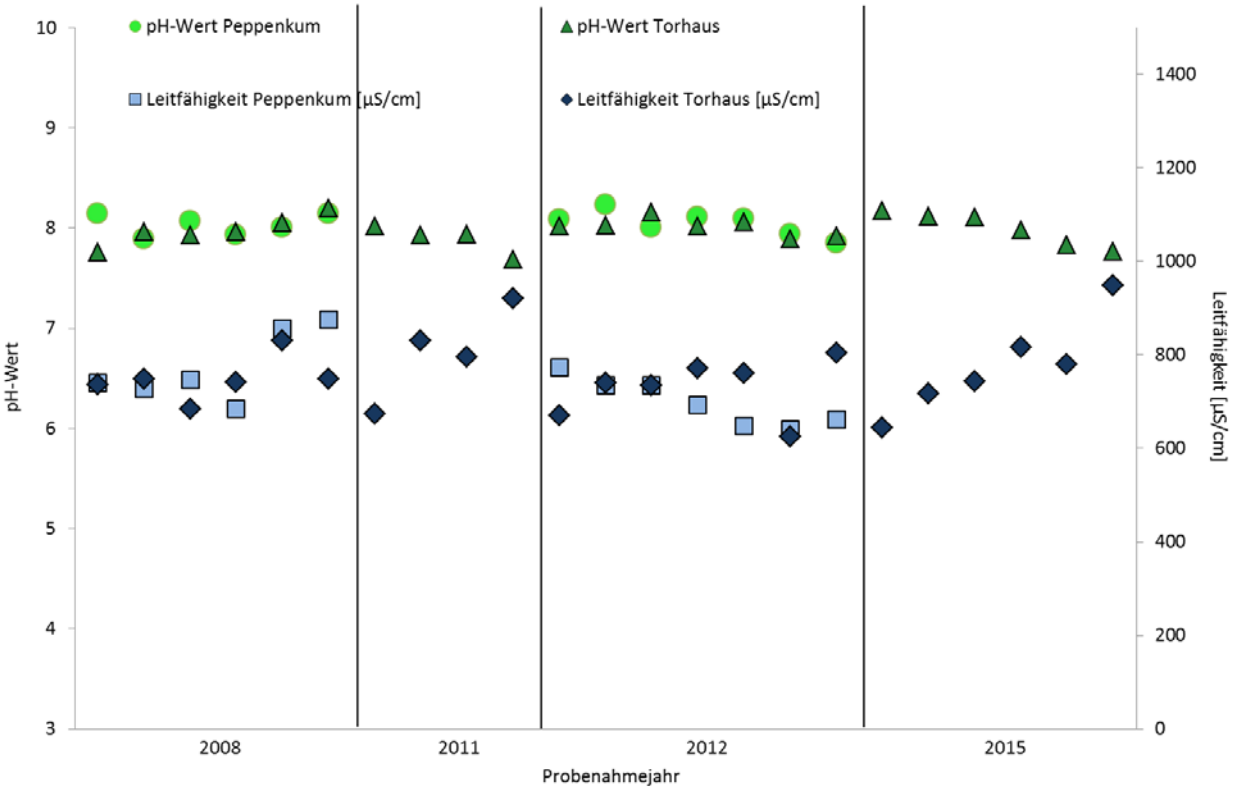


Abbildung 6-19: Einzelne Werte für pH und Leitfähigkeit (manuelle Beprobungen durch das LUA am Torhaus 2008, 2011, 2012 und 2015 und in Peppenkum 2008 und 2012)

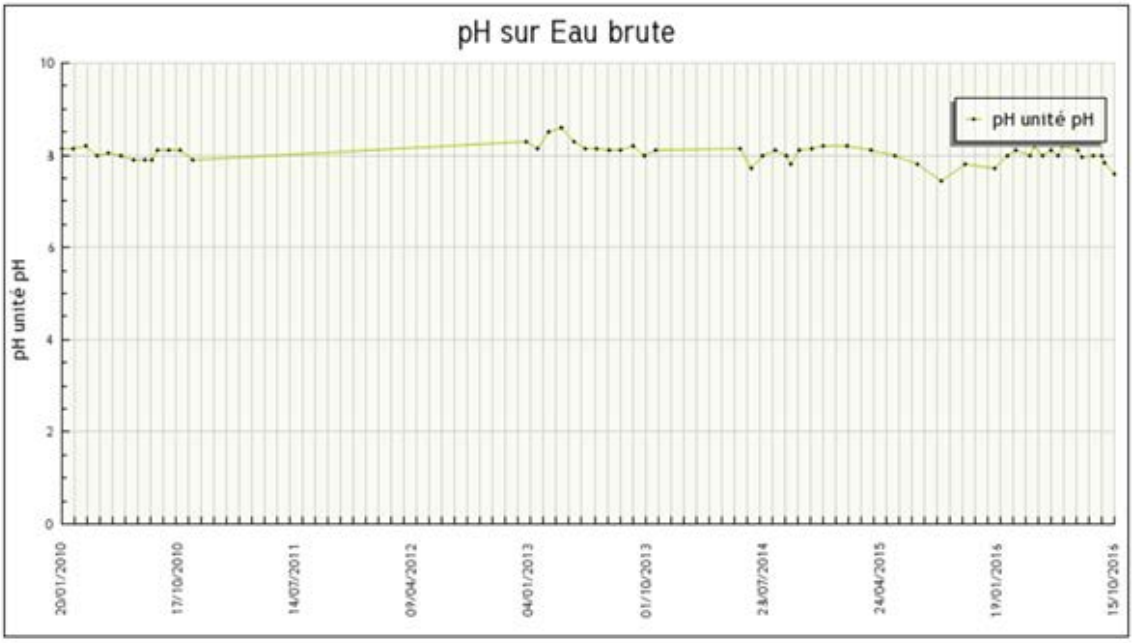


Abbildung 6-20: Einzelne pH-Werte-(manuelle Beprobungen durch die Agence de l'Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

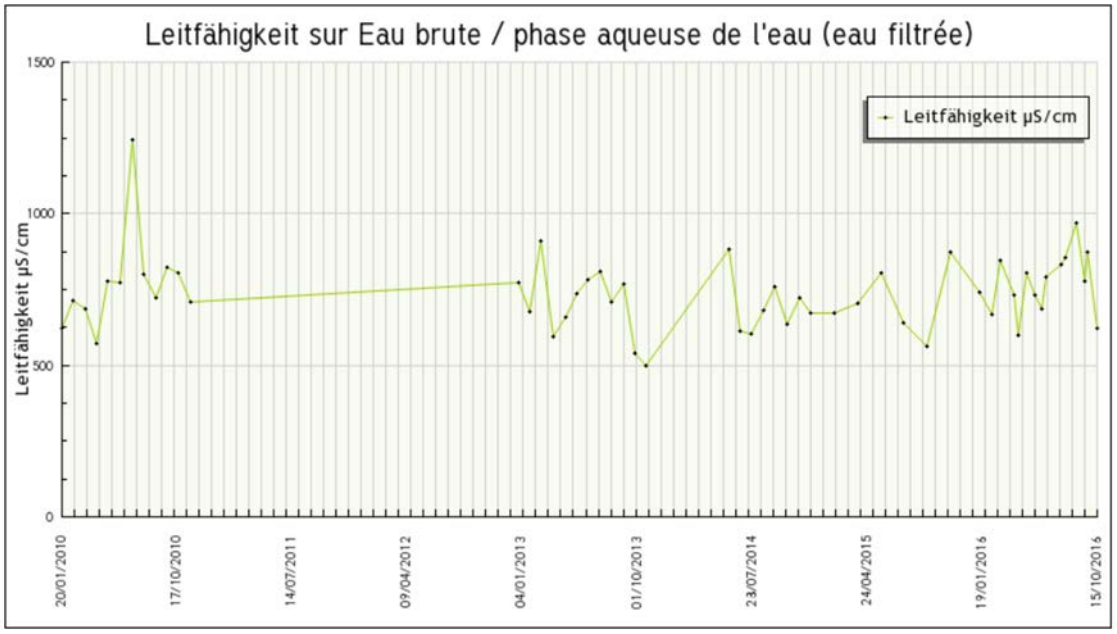


Abbildung 6-21: Einzelne Werte der Leitfähigkeit (manuelle Beprobungen durch die Agence de l'Eau Rhin-Meuse in *Erching* in den Jahren 2010 und 2013 bis 2016) (Quelle: www.rhin-meuse.eaufrance.fr)

Bickenaschbacherhof: 20. Oktober 2017 bis 26. März 2018

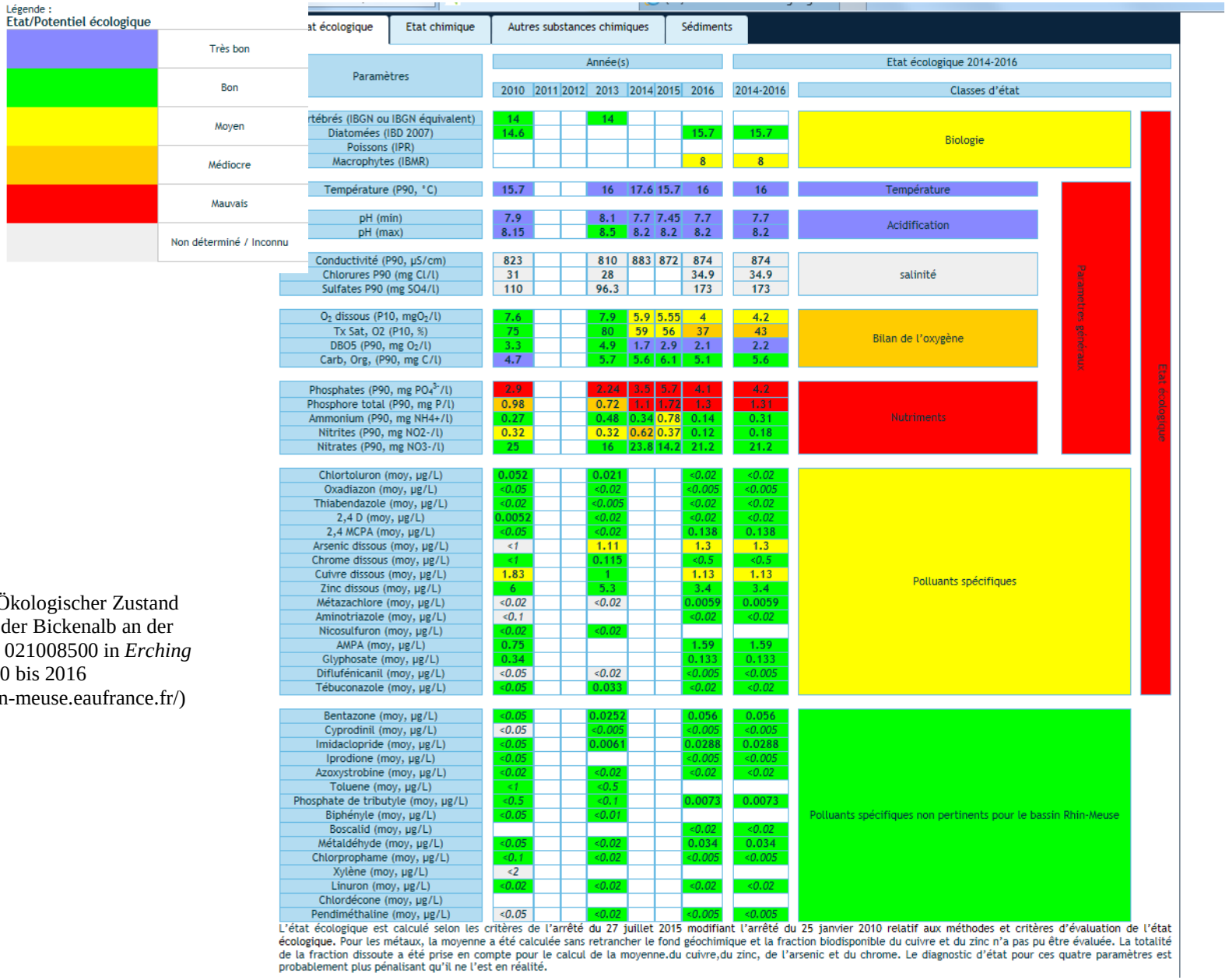


Abbildung 6-22: Ökologischer Zustand (Etat écologique) der Bickenalb an der Probenahmestelle 021008500 in *Erching* in Frankreich 2010 bis 2016 (Quelle: http://rhin-meuse.eaufrance.fr/)