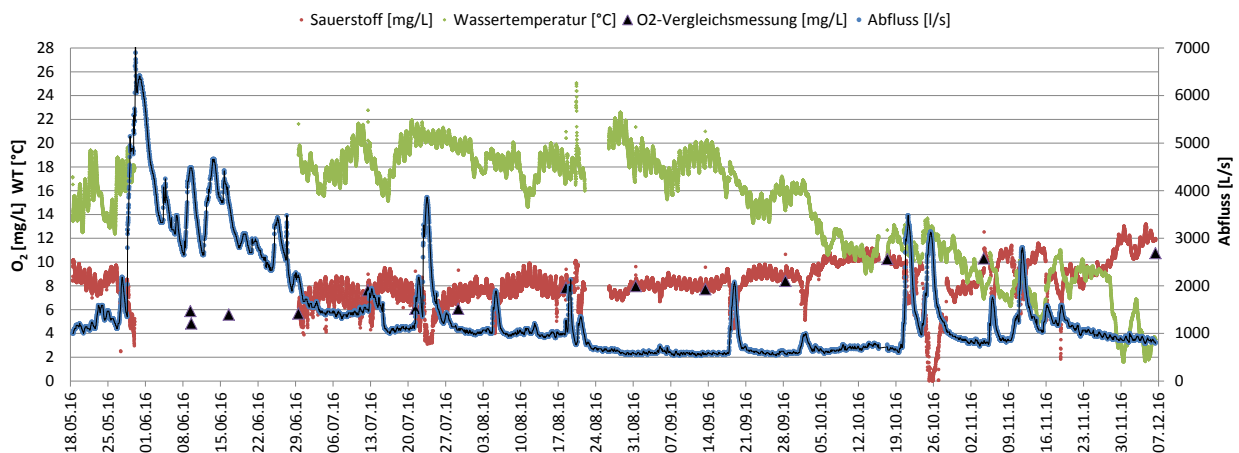




KURZBERICHT

Sauerstoff- und Temperaturhaushalt der Unteren Isenach: Sondermessprogramm 2016



IMPRESSUM

Herausgeber: Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz
Kaiser-Friedrich-Straße 7
55116 Mainz

Bearbeitung: Dr. Jochen Fischer
Fulgor Westermann
(in Abstimmung mit Ref. 53 Gewässerchemie)

LfU Bericht
Mainz, August 2018

Auflage: 50 Exemplare

© 2018
Nachdruck und Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers

Zusammenfassung

Der Einsatz autarker, kontinuierlich messender Sonden liefert vertiefte Einblicke in den komplexen Stoffhaushalt belasteter Gewässer, die mit herkömmlichen Stichprobendaten nicht möglich sind.

Die Sonderuntersuchung an der Unteren Isenach zeigt, wie dynamisch der Sauerstoffhaushalt des Gewässers ist. In der Vegetationsperiode zeigen sich ausgeprägte Tageschwankungen, die typisch für eutrophierte Gewässer sind. In der Isenach können dabei die O₂-Gehalte in den frühen Morgenstunden unter 4 mg/L absinken.

Daneben kommt es regelmäßig zu abflussabhängigen, tiefen Einbrüchen des Sauerstoffhaushalts, die über mehrere Stunden bis Tage anhalten können. Dieses Phänomen kann durch Mischwassereinleitungen und/oder durch die Remobilisierung von Faulschlammablagerungen am Gewässergrund hervorgerufen werden. Diese Phasen sind gewässerökologisch kritisch.

Die Messungen zeigen: **Der Sauerstoffgehalte im Gewässersystem der Unteren Isenach sind immer noch ein limitierender Faktor für die Lebensgemeinschaft. Dies aufzuzeigen, war Anlass der Studie.** Die hohe Dominanz gegenüber Sauerstoffarmut toleranter Arten in der Isenach ist damit plausibel erklärbar. Der Minimumgehalt von 7 mg/L O₂, der nach der Oberflächengewässerverordnung für gefällearme Tieflandgewässer als Orientierungsgröße dient, wird in der Vegetationsperiode regelmäßig an fast allen Messstellen unterschritten.

Die Untersuchung zeigt aber auch Wege zur Abmilderung dieser Defizite auf. Der Grad der Beschattung hat einen erheblichen Einfluss auf die Tagesamplituden von Temperatur und Sauerstoff. An gut beschatteten Messstellen fallen die Belastungen der Lebensgemeinschaft deutlich geringer aus. Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur der monoton ausgebauten Isenach sind sehr wichtig, lassen die gewünschten ökologischen Effekte unter diesen Randbedingungen aber nur längerfristig erwarten. Vorteile liefern solche Maßnahmen vor allem dann, wenn im Uferbereich eine stärkere Beschattung der Gewässer zugelassen wird oder eingeplant ist.

Als Fazit der Untersuchung werden folgende Maßnahmenempfehlungen gegeben:

- Beschattung durch standorttypische Gehölze fördern
- Sedimenteintrag reduzieren (Minimierung der Faulschlamm-Bildung)
- Mischwassereinleitungen: ggf. weitergehende Maßnahmen prüfen
- Kläranlagen: Möglichkeiten weiterer Nährstoffreduktionen prüfen
- Unabhängig von den aktuellen Untersuchungen sind in den Gewässern mit intensivlandwirtschaftlicher Nutzung Maßnahmen zur Verringerung diffuser Belastungen notwendig.

Um die beschriebenen, komplexen Wirkungszusammenhänge im Gewässersystem besser zu differenzieren bzw. zu quantifizieren, wird die Entwicklung eines Gewässergütemodells empfohlen, mit dessen Hilfe die weitere Maßnahmenplanung unterstützt werden kann.

Ausgangssituation und Ziel der Untersuchung

Die Isenach durchquert in ihrem Längsverlauf sehr unterschiedliche Naturräume und Landnutzungsformen. Sie entspringt im Pfälzerwald, durchquert die Weinbauflächen des Haardtrandes, die Gemüsefelder der Vorderpfalz um schließlich im dicht besiedelten Gebiet der nördlichen Oberrheinniederung in den Rhein zu münden. Insbesondere in der Unteren Isenach spiegeln sich die Auswirkungen von Gewässerausbau, intensiver Landwirtschaft und Siedlungsentwässerung im ökologischen Zustand wider. Dieser ist nach wie vor schlecht.

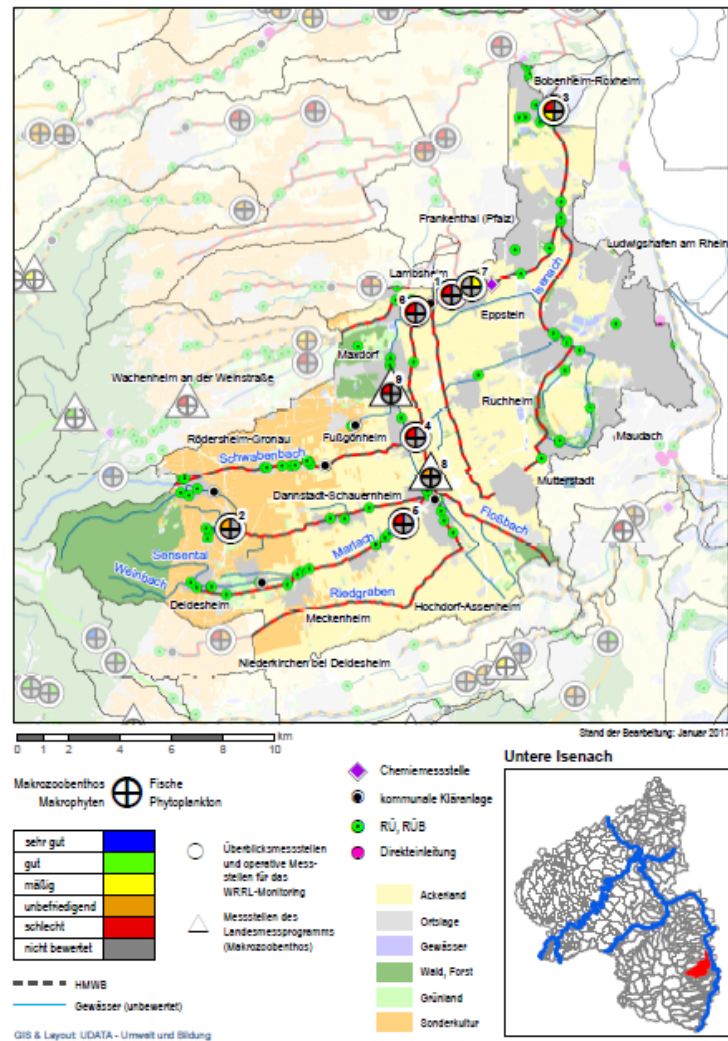


Abb. 1: Ökologischer Zustand der Unteren Isenach, Stand 2017.

Bereits in der Sonderuntersuchung des Landesamtes (LfW-Bericht 212/2002) wurde eine differenzierte Problemanalyse des Gebietes vorgelegt, in dessen Folge viele, vor allem siedlungswasserwirtschaftliche Maßnahmen umgesetzt wurden, die zu einer tendenziellen

Verbesserung im Stoffhaushalt des Gewässers geführt haben. In den letzten Jahren kamen lokale Maßnahmen zur strukturellen Verbesserung des Gewässersystems hinzu. Das biologische Bild an vielen Messstellen der Unteren Isenach ist allerdings immer noch von Organismengruppen dominiert, die Sauerstoffdefizite (v. a. im Makrozoobenthos) und eine starke Eutrophierung anzeigen (v. a. Makrophyten/Phytobenthos). Wie lässt sich das vor dem Hintergrund der bereits durchgeführten Maßnahmen erklären?

Die vorgestellte Untersuchung hat das Ziel, mit kontinuierlich messenden Sensoren den Sauerstoffhaushalt und das Temperaturregime im unteren Einzugsgebiet der Isenach neu zu bewerten: Wie sieht die Sauerstoffversorgung während der warmen Sommermonate aus und welche Rolle spielen kurzfristig auftretende O₂-Defizite nach Abflussspitzen (Mischwasserentlastungen und/oder die Resuspension von Faulschlamm des Gewässergrundes)? Welche Schlüsse lassen sich für die weitere Maßnahmenplanung aus den Untersuchungen ableiten und was wurde bereits erreicht (Bilanz bei der Phosphorreduzierung)?

Untersuchungszeitraum und Messstellen

Mit Unterstützung durch den Isenach-Eckbach-Zweckverband wurden an fünf Messstellen im Einzugsgebiet der Unteren Isenach autark messende Sauerstoff- und Temperatursonden installiert und zwischen Mai und Dezember 2016 betrieben. Abb. 2 zeigt die Messstellen im Gebietszusammenhang, die Abb. 3 - 6 deren Einzelstandorte (**Floßbach**: Fußgönheim und Lambsheim; **Isenach**: Lambsheim, Frankenthal und Roxheim).

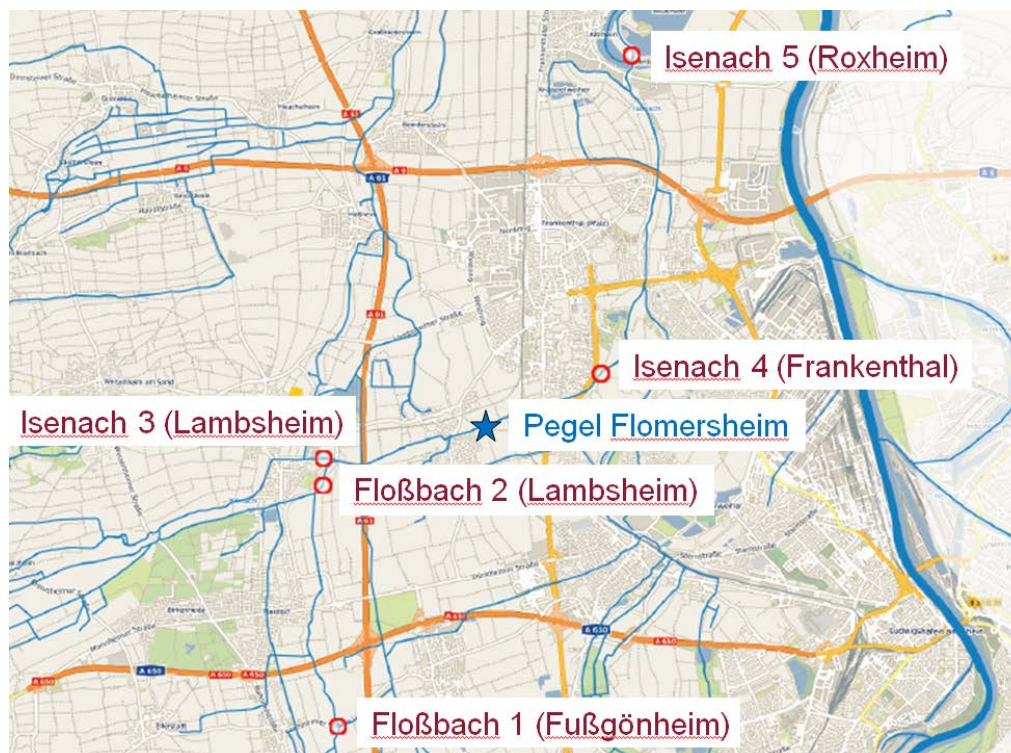


Abb. 2: Untere Isenach mit Lageüberblick der Messstellen und des Bezugspegels.

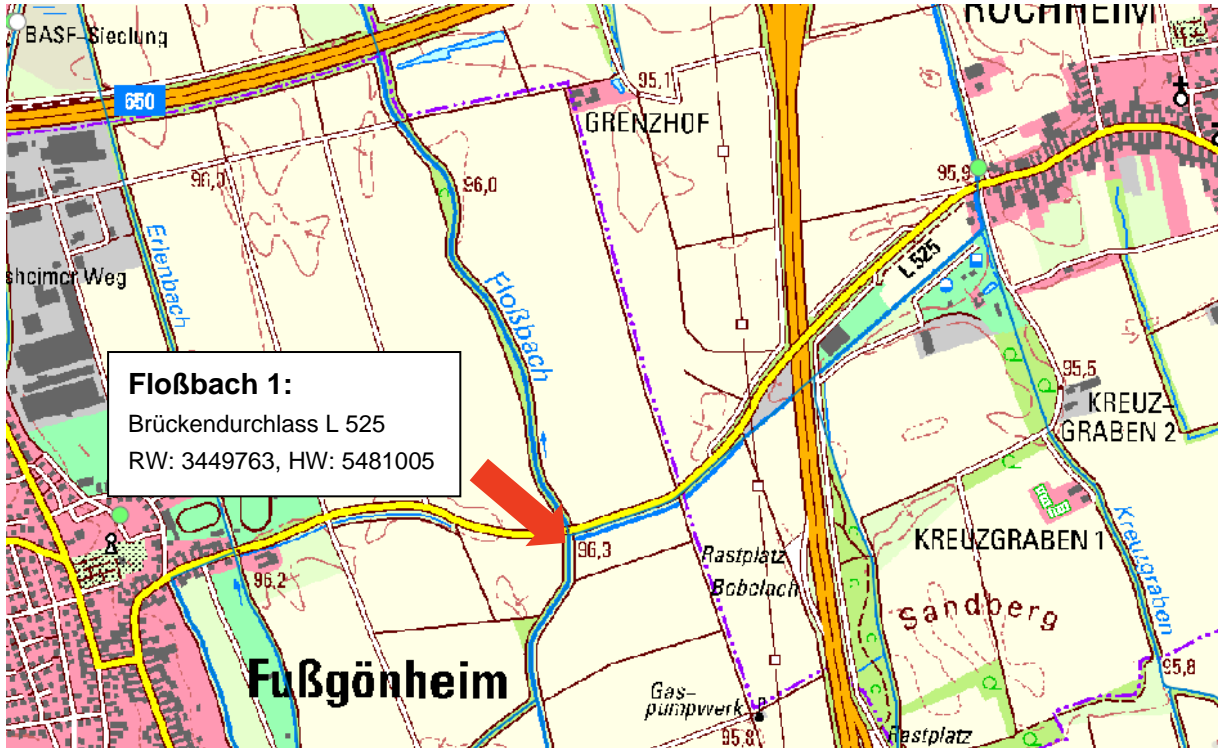


Abb. 3: Lage der Messstelle Floßbach 1 bei Fußgönheim.

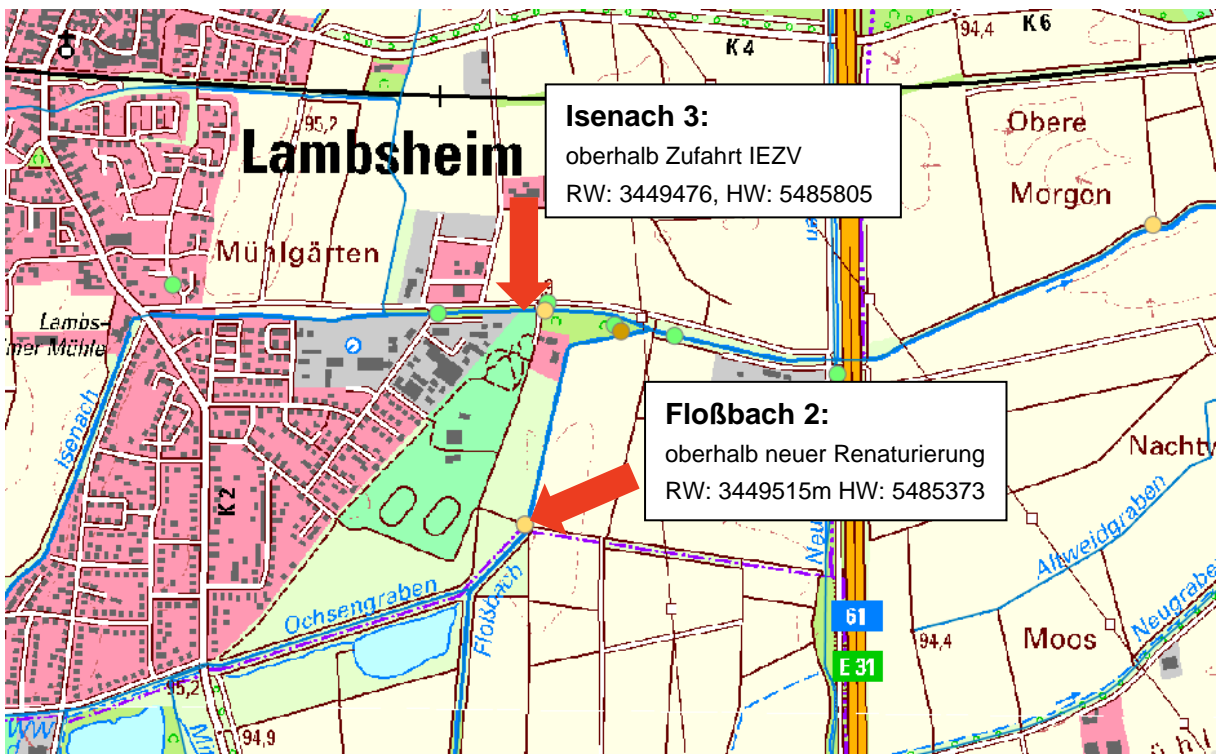


Abb. 4: Lage der Messstellen Floßbach 2 und Isenach 3 bei Lambsheim.

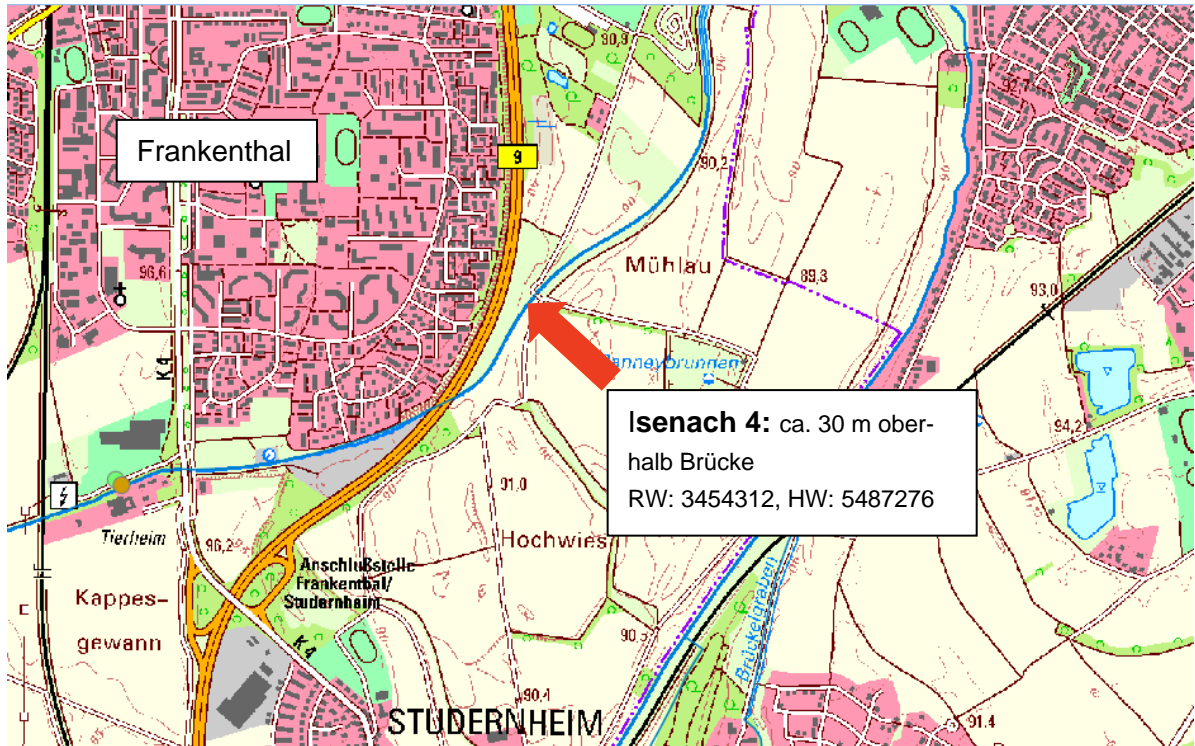


Abb. 5: Lage der Messstelle Isenach 4 bei Frankenthal.

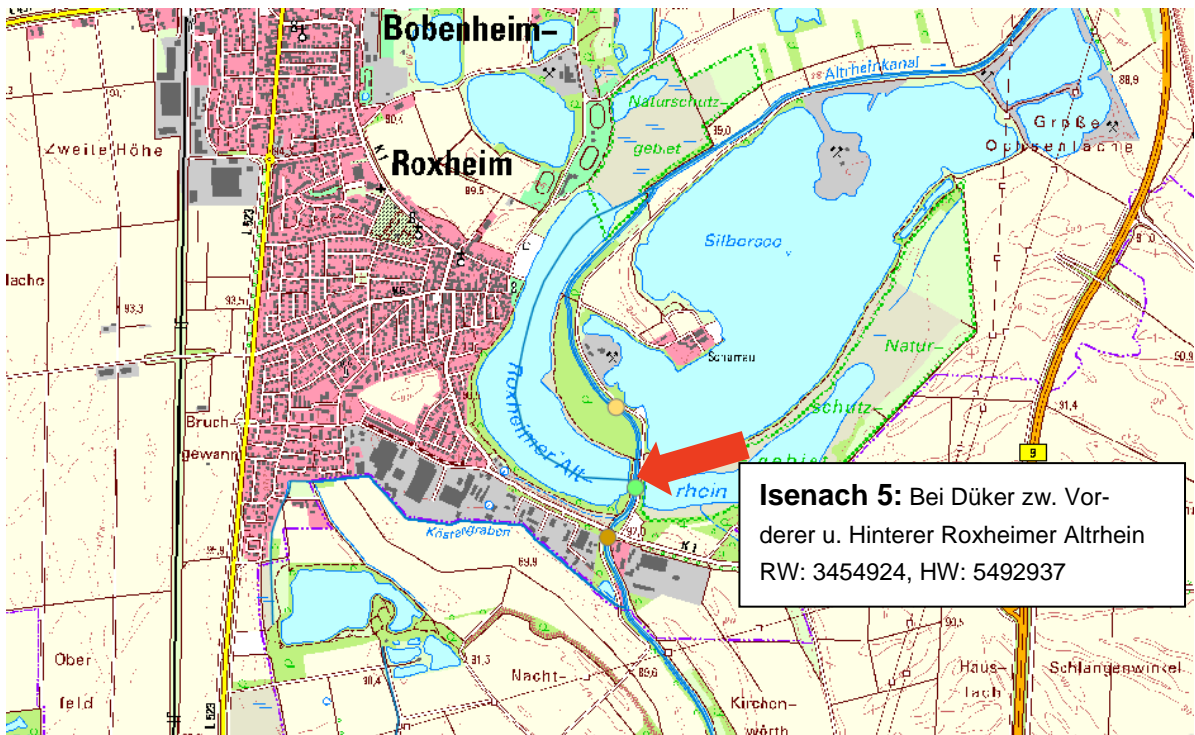


Abb. 6: Lage der Messstelle Isenach 5 bei Roxheim.

Sensoren und Messmethodik

Zum Einsatz kamen HOBO® Logger zur Messung der Wassertemperatur (WT) und des gelösten Sauerstoffs (U26-001) mit Anti-Fouling-Schutz (U26-GUARD-2). Es handelt sich um verkapselte „Standalone-Einheiten“ aus Sensorik + Datenspeicher + Stromversorgung. Die Sauerstoffmessung erfolgt optisch über dynamische Lumineszenzunterdrückung. Die Spezifikation der Sensoren ist in Tab. 1 dargestellt.



Abb. 7: a: HOBO®-Logger mit Sicherungsdrahtseil und PVC Verschlusskappe;
b: Installation der Sonde im Gewässer in Führungsrohr aus PVC.

Tab. 1: Spezifikation der HOBO® Logger (gemäß Handbuch).

Sauerstoffmessung	
Messbereich	0 – 30 mg/L
Genauigkeit	0,2 mg/L bis 8 mg/L; 0,5 mg/L von 8 - 20 mg/L
Auflösung	0,02 mg/L
Lebensdauer O ₂ -Sensor	6 Monate
Temperaturmessung	
Betriebsbereich	-5°- 40 °C
Genauigkeit	0,2 °C
Auflösung	0,02 °C
Logger	
Speicher	21.700 Datensätze O ₂ und WT
Speicherintervall	1 Minute bis 18 Stunden
Batterie	3,6 V Lithium, Betriebsdauer ca. 3 Jahre

Die Sensoren wurden vom (18.05.) 09.06. bis 06.12.2016 ca. alle zwei Wochen kontrolliert und gereinigt. Dabei wurden O₂-Vergleichsmessungen mit kalibrierten Handmessgeräten durchgeführt, um Abweichungen von der Dauermessung zu dokumentieren.

Ergebnisse

Bei extremen Witterungsverhältnissen in Mai und Juni 2016 mit Abflüssen in der Isenach bis zu 7,3 m³/s (30.05.) sowie wochenlang anhaltend hohen Grundwasserstände, waren kontrollierte Messungen zunächst schwierig (Zugänglichkeit, Verschlammung der Sonden). So entstanden an einigen Standorten Datenlücken in diesem Zeitraum (Datenbereinigung).



Abb. 8: Überflutete Messstelle „Floßbach 2“ bei Lamsheim am 31.05.2016.

Sauerstoffvergleichsmessungen

Tab. 2 und Abb. 9 zeigen die Abweichungen der Sauerstoffkonzentrationen bei den Kontrollmessungen. Die maximale Differenz lag dabei bei -1,68 mg/L. Im Mittel schwankten die Werte zwischen + 0,2 und - 0,3 mg/L. Negative Werte bedeuten eine Unterschätzung der tatsächlichen O₂-Gehalte der HOBO[®]-Sonden (Verschmutzung der Sensorkappe). Die verlässlichsten Messungen gelangen am Floßbach 1 und an Stelle Isenach 5 (Tab. 2).

Tab. 2: Statistik der Sauerstoffvergleichsmessungen.

Messstelle	Anzahl Vergleichsmessungen	mittlere Differenz bei O ₂ -Vergleichsmessung [mg/L]	Maximale Differenz bei O ₂ -Vergleichsmessung [mg/L]
Floßbach 1 (Fußgönheim)	11	0,2	-0,9
Floßbach 2 (Lamsheim)	12	-0,3	-1,6
Isenach 3 (Lamsheim)	9	0,3	1,2
Isenach 4 (Frankenthal)	7	0,2	-1,7
Isenach 5 (Roxheim)	13	-0,2	-0,8

Die Abweichungen zeigen, dass für die Beurteilung kritischer Sauerstoffsituationen mit niedrigen absoluten O₂-Konzentrationen vor allem Messungen nach den Wartungen heranzuziehen sind. Für relative Vergleiche und zur Abbildung der Dynamik des Sauerstoffhaushaltes, sind dagegen alle Messreihen hinlänglich genau und aussagekräftig.

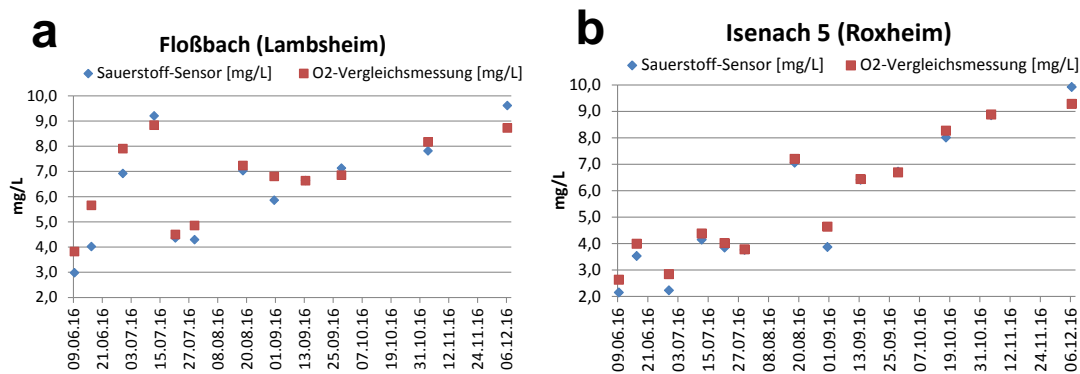


Abb. 9: Vergleichsmessung der Sauerstoffgehalte zwischen Handgerät (rotes Quadrat) und HOB0[®]-Sensor (blaue Raute) an 13 Terminen (09.06. - 06.12.2016) am Beispiel von a) Floßbach bei Lamsheim und b) Isenach bei Roxheim.

Sauerstoffschwankungen im Tagesverlauf

Abb. 10 zeigt einen Ausschnitt der Temperatur- und Sauerstofftagesgänge während einer viertägigen Schönwetterperiode an einer unbeschatteten Messstelle im Frühsommer 2016 (Floßbach 2 bei Lamsheim; Beginn der Renaturierungsstrecke). Dort traten die höchsten Schwankungen auf. In den späten Nachmittagsstunden erreichen die Sauerstoffgehalte einen Spitzenwert von 17,0 mg/L (21.05., 16:40 Uhr). In der Nacht sinken die Werte stark ab und erreichen in den Morgenstunden ihren Tiefpunkt (4,3 mg/L am 22.05., 8:10 Uhr). Die Sauerstoffsättigung sinkt dabei innerhalb von 16 Stunden von 187 % (Übersättigung) auf 45 % ab (Untersättigung).

Dieses Phänomen ist Ausdruck der fotosynthetischen Aktivität der Algen und Wasserpflanzen. Bei Sonneneinstrahlung produzieren sie Zucker (pflanzliche Kohlenhydrate) unter Abgabe von Sauerstoff. In der Nacht wird dieser Zucker in den Zellen „veratmet“ (Dunkelatmung). So entstehen allgemein die typischen Tagesgänge des Sauerstoffgehaltes in Fließgewässern. Die Höhe ihrer Tagesamplituden ist ein Maß für den Grad der Eutrophierung. Die oben genannten Schwankungsbreiten entsprechen etwa polytrophen Verhältnissen.¹ Das deckt sich mit den Ergebnissen der Trophiebewertung auf der Grundlage von Kieselalgenuntersuchungen. Diese zeigten 2013 ebenfalls eine starke Nährstoffbelastung in der eu-polytrophen Trophiestufe an. Jüngste Ergebnisse aus 2017 kommen zu einer leicht verbesserten Einschätzung.

¹ DVWK (1999): Hilfskriterien zur Bestimmung der Trophie und Belastung des Sauerstoffhaushaltes in Fließgewässern. Materialien 6/1999.

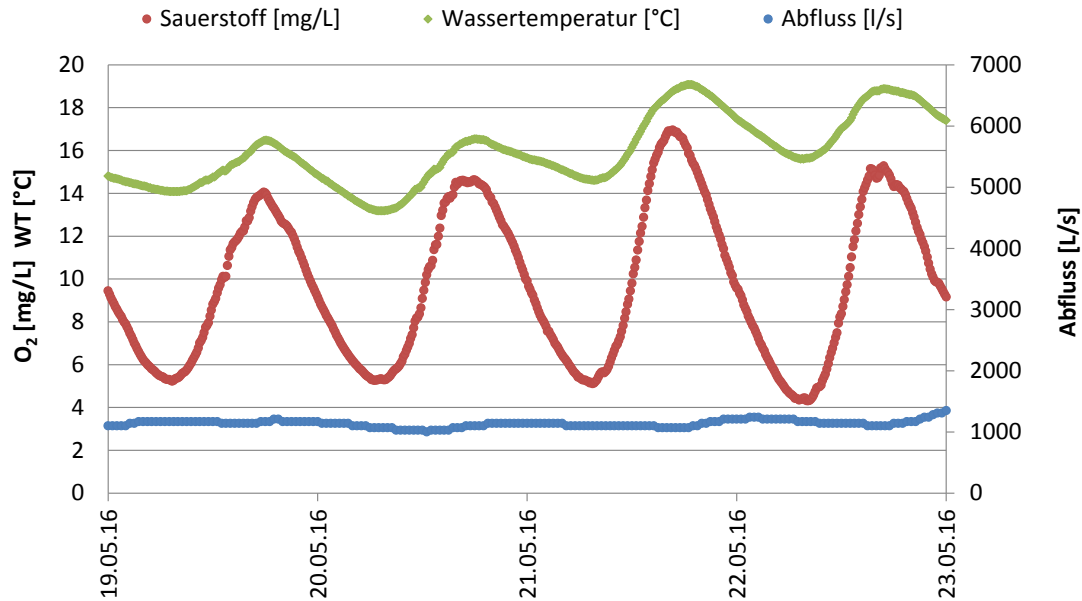


Abb. 10: Ganglinien des Sauerstoffgehaltes (braun), der Wassertemperatur (grün) und des Abflusses (blau) im Floßbach bei Lambsheim vom 19. - 23.05.2016 während einer Schönwetterphase.

Wird die Sauerstoffversorgung nährstoffreicher Gewässer überschätzt?

Für die Praxis der Gewässerüberwachung bedeutet dies, dass ein Einzelmesswert des Sauerstoffgehaltes (Stichprobe) insbesondere in eutrophierten Gewässern nur eine beschränkte Aussagekraft hat. In der Regel kommt es zu einer Überschätzung der Werte, da diese im Tagesverlauf stark schwanken und die Minima in den frühen Morgenstunden nicht erfasst werden können. So ergeben die Stichprobenmessungen des Sauerstoffgehaltes in der Isenach bei Flomersheim für den Messzeitraum Mai – Dezember 2016 einen Mittelwert von 9,4 mg/L, während bei der Dauermessung mit den HOB[®]-Sonden im gleichen Zeitraum ein O₂-Mittelwert von nur 6,8 mg/L ermittelt wurde (gemessen in der Isenach bei Frankenthal ca. 2,3 km unterhalb der regulären Messstelle in Flomersheim).

Diese Problematik zeigt sich auch bei der genaueren Betrachtung der langjährigen Messreihen zur Ermittlung der **Jahresminimumwerte des Sauerstoffgehaltes** in der Isenach bei Flomersheim (Abb. 11). Die Varianz der O₂-Minimumwerte ist stark von der Uhrzeit der Probenahme abhängig und reflektiert hier nicht die Abwasserbelastung, denn die TOC-Gehalte schwanken zwischen 5,9 und 7,9 mg/L (Mittelwert: 6,92 mg/L), was in etwa dem Orientierungswert nach der OGewV für diesen Parameter entspricht (7,0 mg/L). Der Orientierungswert für die **O₂-Minima liegt ebenfalls bei 7 mg/l O₂**. Um einen guten ökologischen Zustand in den Gewässern zu erreichen, darf dieser Wert nicht längerfristig unterschritten werden.

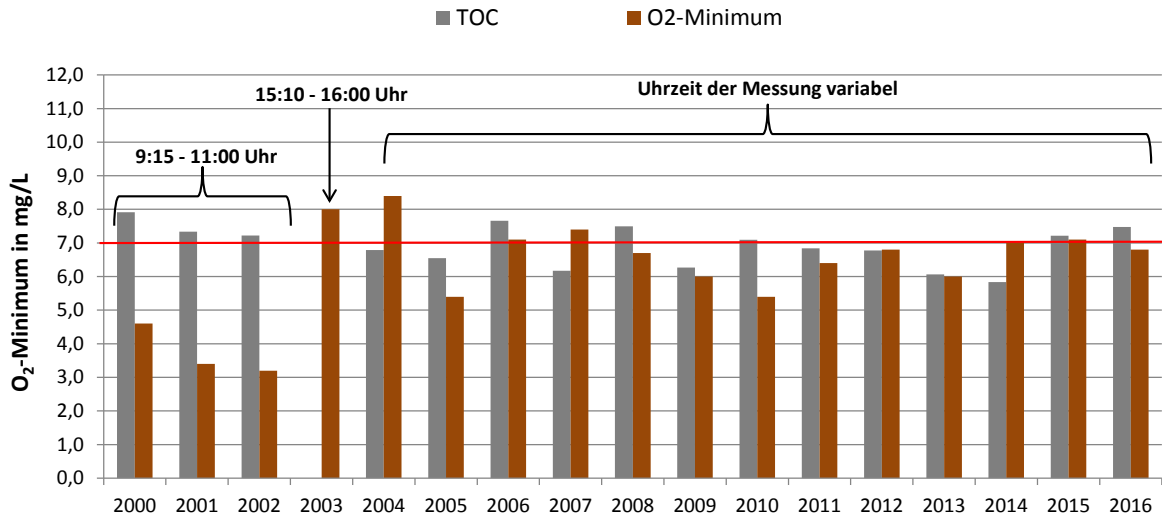


Abb. 11: O₂-Minimum und TOC-Gehalte in der Isenach bei Flomersheim (2000-2016). Rote Linie: Orientierungswert für O₂-Minimum und TOC nach OGewV. Die Beschriftung weist auf unterschiedliche Tageszeiten der Stichprobenerhebung hin.

Tab. 3 listet die Wassertemperaturen (Mittelwerte, Maximum) und Sauerstoffkonzentrationen (Mittelwerte) an den Messstellen während der Sommermonate (Juni-Aug.) und über den gesamten Messzeitraum auf. Daraus wird deutlich, dass die eutrophierungsbedingt stark ausgeprägten Tagesgänge die Sauerstoffgehalte der Isenach im Sommer z. T. deutlich unter 7 mg/L drücken. Selbst die Mittelwerte über den gesamten Messzeitraum unterschreiten den Orientierungswert an drei von fünf Stellen knapp.

Tab. 3: Auswertung **kontinuierlicher Messungen** von Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt an den Messstellen während der Sommermonate (Juni-Aug.) und über den gesamten Messzeitraum.

	Mittelwert Wassertemp. [°C]: Juni - Aug.	Maximalwert Wassertemp. [°C]: Juni - Aug.	Mittelwert O ₂ [mg/L]: Mess- zeitraum	Mittelwert O ₂ [mg/L]: Juni - August
Floßbach 1 (Fußgönheim)	18,6	22,7	7,0	6,5
Floßbach 2 (Lambsheim)	18,6	26,7	7,0	6,2
Isenach 3 (Lambsheim)	18,7	22,6	8,2	7,3
Isenach 4 (Frankenthal)	18,2	22,6	6,8	5,4
Isenach 5 (Roxheim)	19,4	23,9	6,1	4,8

Dies wird auch in Abb. 12 deutlich. Dort ist der Verlauf der Messergebnisse an der Messstelle Isenach bei Roxheim dargestellt, wobei auch hier der O₂-Minimumwert von 7 mg/L als rote Linie in die Grafik eingefügt wurde. Es zeigt sich, dass das Sauerstoffminimum in

den Sommermonaten regelmäßig und auch für längere, zusammenhängende Phasen unterschritten wird.

Die Fließgeschwindigkeit an dieser mündungsnahen Messstelle ist bereits stark herabgesetzt, sodass hier Zehrungsprozesse den Sauerstoffvorrat wegen der hohen Verweildauer stärker reduzieren können. Außerdem ist die mittlere Wassertemperatur hier am höchsten (Tab. 3). Bei einer Erhöhung der Temperatur um 10 °C verdoppelt bis vervierfacht sich der Energieumsatz eines Organismus (Q_{10} -Regel). Er benötigt nun viel mehr Sauerstoff, der aufgrund der starken Zehrung und der geringeren O_2 -Löslichkeit bei hohen Temperaturen ggf. nicht mehr im erforderlichen Maße bereitsteht.

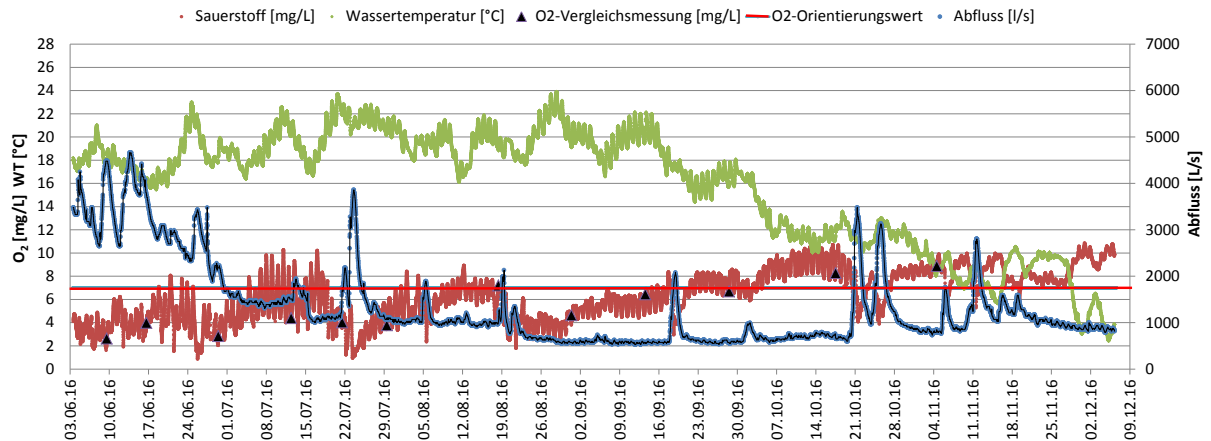


Abb. 12: Ganglinien des Sauerstoffgehaltes (braun), der Wassertemperatur (grün) und des Abflusses (blau) in der Isenach bei Roxheim, ca. 4,5 km vor der Mündung in den Rhein. Rote Linie: Orientierungswert für O_2 -Minimum nach OGewV.

Abb. 12 zeigt auch, wie im Herbst und Winter die Wassertemperatur absinkt und gleichzeitig die Sauerstoffversorgung wieder in den unkritischen Bereich ansteigt. Die Zehrung nimmt dabei ab und es kann sich mehr Sauerstoff im kalten Wasser lösen. Durch das Absterben der Wasserpflanzen und Algen sowie die abnehmende Sonneneinstrahlung verringern sich die Tagesamplituden der O_2 -Ganglinien wieder.

Rolle der Beschattung und der Exposition der Gewässer

Bei dem Vergleich der Sauerstoffganglinien einzelner Messstellen fällt auf, dass die Amplituden der tagesperiodischen Schwankungen sehr unterschiedlich ausgeprägt sind. Abb. 13 a zeigt eine Überlagerung von drei Sauerstofftagesgängen an den Messstellen Floßbach bei Lamsheim und Fußgönheim sowie der Isenach bei Lamsheim. Es zeigt sich, dass die Sauerstoffminima in der Isenach um bis zu 3 mg/L über denen des Floßbaches liegen. Zwar liegen keine Daten über die konkreten Unterschiede in der Nährstoffverfügbarkeit an den Messstellen von Floßbach und Isenach vor, doch dürfte bei der Ausprägung der Sauerstofftagesamplituden auch die Beschattung eine Rolle gespielt haben. Denn ein ähnliches Bild, wenn auch schwächer ausgeprägt, findet sich in den Temperaturdaten dieser Stellen im entsprechenden Zeitraum (Abb. 13 b). Die Tagesmaxima der Was-

sertemperatur sind an der Messstelle „Isenach bei Lamsheim“ um 1,5 – 2,0 °C niedriger als an der benachbarten Messstelle „Floßbach bei Lamsheim“.

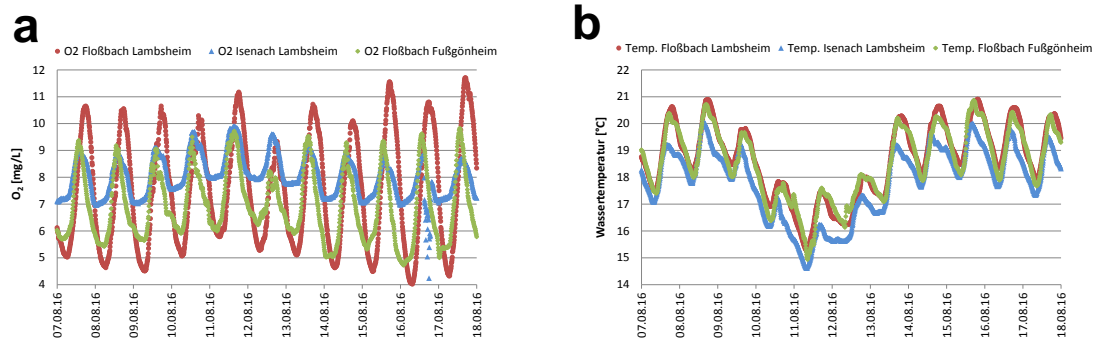


Abb. 13 a): Sauerstofftagesgänge im Floßbach bei Lamsheim (braun) und Fußgönheim (grün) sowie der Isenach bei Lamsheim (blau) vom 07.-17.08.2016 (10-tägigen Trockenwetterphase mit einem Abfluss von ca. 1,0 m³/s).
b): desgleich die Ganglinien der Wassertemperatur.

Die Messstelle „Floßbach bei Lamsheim“ (Beginn der Renaturierungsstrecke) ist vollständig unbeschattet und fließt mehr oder weniger von Südsüdwest nach Nordnordost während die Isenach bei Lamsheim in west-östlicher Richtung in einem teilbeschatteten, stark eingetieften Trapezprofil verläuft. Bei einem Verlauf von Süden nach Norden ist die Dauer der direkten täglichen Sonneneinstrahlung höher als in den Gewässern mit west-östlicher Fließrichtung. Hier ist nach Tab. 3 die mittlere Sauerstoffkonzentration mit 7,3 mg/L (Sommermonate) am höchsten von allen fünf Messstellen.

Kurzfristige Sauerstoffdefizite bei Abflussspitzen

Abb. 14 zeigt die Ergebnisse an der Messstelle Isenach 3 bei Lamsheim. Aufgrund der oben beschriebenen Umstände sind die Tagesschwankungen von Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt hier deutlich geringer als an anderen Messstellen. Umso besser erkennbar sind die Sauerstoffeinbrüche, die nach Abflusserhöhungen regelmäßig auftreten und sogar bis auf 0 mg/L absinken können.

Eine solche Situation ist in Abb. 15 zeitlich höher aufgelöst dargestellt (17.10. – 01.11.2016). Am 25.10. bricht an der Messstelle Isenach bei Lamsheim die Sauerstoffversorgung für mehr als einen Tag auf Werte unter 1 mg/L ein. Das ist eine gewässerökologisch kritische Situation, die aber offensichtlich nur lokal in dieser Schärfe auftrat (Einträge aus oberhalb gelegenen RÜB der Isenach oder über Fuchsbach?). Dies zeigen die in Abb. 14 eingefügten O₂-Werte der Messstelle in Frankenthal (ca. 5,4 km unterhalb von Lamsheim). Dort sind die Sauerstoffgehalte in diesem Zeitraum nicht unter 4,0 mg/L abgesunken.

Für dieses Phänomen gibt es zwei Erklärungsansätze, die vermutlich beide wirksam sind. In den aufsteigenden Ästen der beiden Abflussganglinien in Abb. 15 sind kleine aufgesetzte Spitzen zu erkennen, die zeitgleich mit kleineren Temperatursprüngen einhergehen (s.

Pfeile). Dies ist ein Hinweis auf die Entlastung von Mischwasser, das zu dieser Jahreszeit wärmer als das Bachwasser ist. Jahreszeitlich passend könnten auch Weinbauabwässer als Bestandteil des Mischwassers eine Rolle gespielt haben und den starken Sauerstoffrückgang bis auf 0 mg/L erklären.

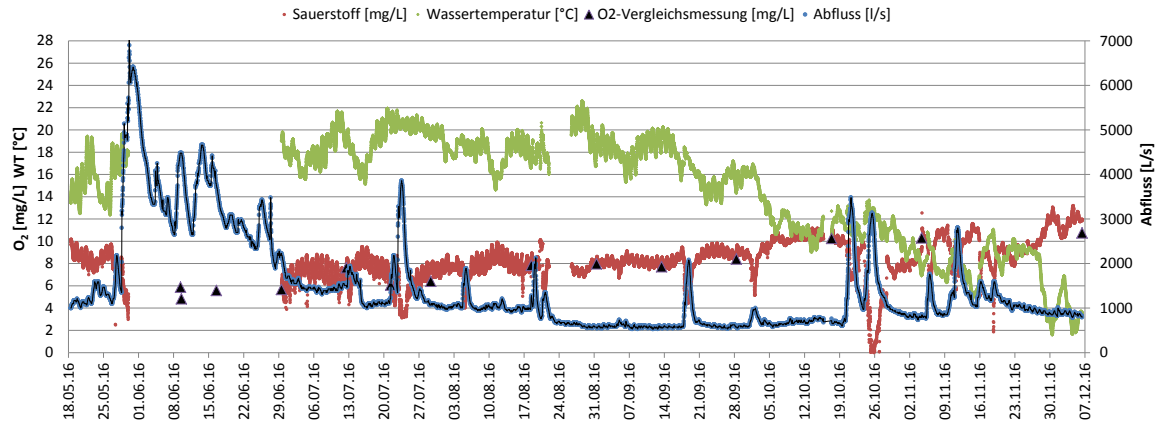


Abb. 14: *Ganglinie des Sauerstoffgehaltes, der Wassertemperatur und des Abflusses in der Isenach bei Lamsheim (18.05. bis 07.12.2016).*

Die Regelmäßigkeit und die mitunter lange Dauer, mit der Sauerstoffeinbrüche im Zusammenhang mit Abflussspitzen auftreten, lassen ferner die Vermutung zu, dass auch Aufwirbelung von Faulschlamm aus der Gewässersohle eine Ursache darstellen können. Dieser Vorgang führt zu einer Freisetzung von Schwefelwasserstoff, dessen Oxidation in kurzer Zeit große Sauerstoffmengen binden kann.

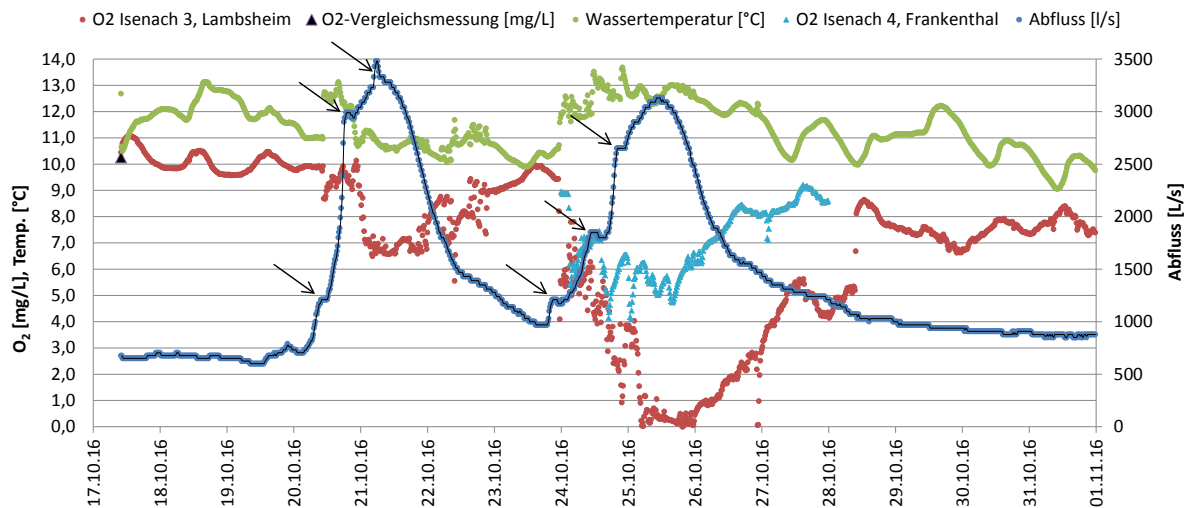


Abb. 15: *Einbruch der O₂-Ganglinie in der Isenach bei Lamsheim nach zwei aufeinander folgenden Abflussspitzen im Herbst 2016 (21.-22. und 25.-26.10.). Die Pfeile deuten auf kleine Abflussspitzen in der Ganglinie hin, die als Mischwassereinleitungen interpretiert werden.*

Welche Einzelwirkung die beschriebenen Effekte auf den Sauerstoffhaushalt der Isenach konkret haben, lässt sich anhand der erhobenen Messdaten nicht quantitativ differenzieren.

Kurzfristige Sauerstoffeinbrüche im Zusammenhang mit Abflussspitzen wurden auch bei Untersuchungen des Landesamtes in der Selz bei Stackeden-Elsheim im Jahr 2000 gemessen, bei denen ebenfalls kontinuierlich messende Sensoren eingesetzt wurden. Dies zeigt, dass die Symptomatik typisch für die gefällearmen Gewässer der Oberrheinebene mit ihrer Landnutzungsstruktur und Besiedlungsdichte zu sein scheint.

Ist der Sauerstoffgehalt der Isenach ein limitierender Faktor für die Ökologie?

Die Ergebnisse der kontinuierlichen Messungen zeigen, wie dynamisch der Sauerstoffhaushalt von Isenach und Floßbach tatsächlich ist. Dabei wird sichtbar, dass das Sauerstoffdargebot in der Vegetationsperiode trotz bisheriger Maßnahmen zur Abwasserbehandlung immer noch ein limitierender Faktor für die Lebensgemeinschaften ist. Dabei ist es weniger die primäre saprobielle Belastung, die aus der Reinigung der Abwässer von ca. 64.000 (kumulativ) angeschlossenen Einwohnern bzw. 93.000 Einwohnerwerten hervorgeht, sondern die eutrophierungsbedingten sekundären Effekte, die sich negativ auf das O₂-Dargebot auswirken.

Aufgrund dieser stofflichen Limitierung sind von Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur derzeit nur begrenzte ökologische Effekte zu erwarten. Vorteile liefern aber Umgestaltungen im Uferbereich, die zu einer stärkeren Beschattung der Gewässer und Dämpfung der sommerlichen Wassertemperaturen führen (zumindest mittel- und langfristig).

Trotz der deutlichen Reduktion des Phosphorgehaltes des Gewässers (s. Abb. 15) ist immer noch ein starkes Algen- und Wasserpflanzenwachstum in den Gewässern zu beobachten. Dies wiederum ist für die ausgeprägten Tag-Nacht-Amplituden der Sauerstoffganglinien verantwortlich, wobei der Sauerstoffgehalt in den Nacht- und Morgenstunden auf Werte unter 4 mg/L absinken kann. Die Zehrung durch den Abbau abgestorbener Algenbiomasse (sekundäre Saprobie) und die organischen Restbelastung aus der Siedlungsentwässerung reduzieren den Sauerstoffvorrat weiter, insbesondere dort, wo Gefälle und Fließgeschwindigkeit abnehmen (Sedimentation organischer Partikel, längere Aufenthaltszeit des Wassers). In der Summe führen diese Prozesse dazu, dass während der Sommermonate dauerhaft auskömmliche Sauerstoffgehalte über 7 mg/L nicht gewährleistet sind (vgl. Tab. 3).

Hinzu kommen die kurzzeitigen Sauerstoffstresssituationen im Zusammenhang mit Abflussspitzen, die durch Mischwassereinleitungen und/oder Remobilisierung von Faulschlamm mit Schwefelwasserstofffreisetzung verursacht werden und lokal bis hin zu einem vollständigen Sauerstoffschwund führen können (Abb. 15).

Ein weiterer Faktor, der Einfluss auf den Sauerstoffhaushalt nimmt, ist Ammonium. Bei seiner Oxidation zu Nitrat wird pro mg NH₄-N 4,56 mg/L O₂ verbraucht. In der Isenach traten noch bis 2012 Konzentrationen von über 1,0 mg/L im Jahresdurchschnitt auf. Danach schwanken sie zwischen 0,28 und 0,65 mg/L. Dies entspricht nicht mehr den heutigen Anforderungen. Der Orientierungswert nach OGewV liegt bei 0,10 mg/L NH₄-N. Diese hohen Ammonium-Stickstoffkonzentrationen verdeutlichen den allgemein hohen Abwasseranteil in der Unteren Isenach.

Reduktion von Nährstoffen zur Minderung der Eutrophierungsfolgen

Bereits in der Isenach-Studie aus dem Jahr 2002 wurde die Reduzierung der Phosphoreinträge aus den Kläranlagen des Einzugsgebietes als wichtiges gewässerökologisches Ziel benannt und entsprechend gehandelt. Im Zeitraum von 2004 – 2016 haben sich die Gesamt-P-Konzentrationen von 0,34 mg/L auf 0,22 mg/L reduziert (Abb. 16a). Das ortho-Phosphat, das den pflanzenverfügbaren, überwiegend aus Kläranlagen stammenden Teil des Phosphors darstellt, konnte sogar von 0,25 auf 0,09 reduziert werden.

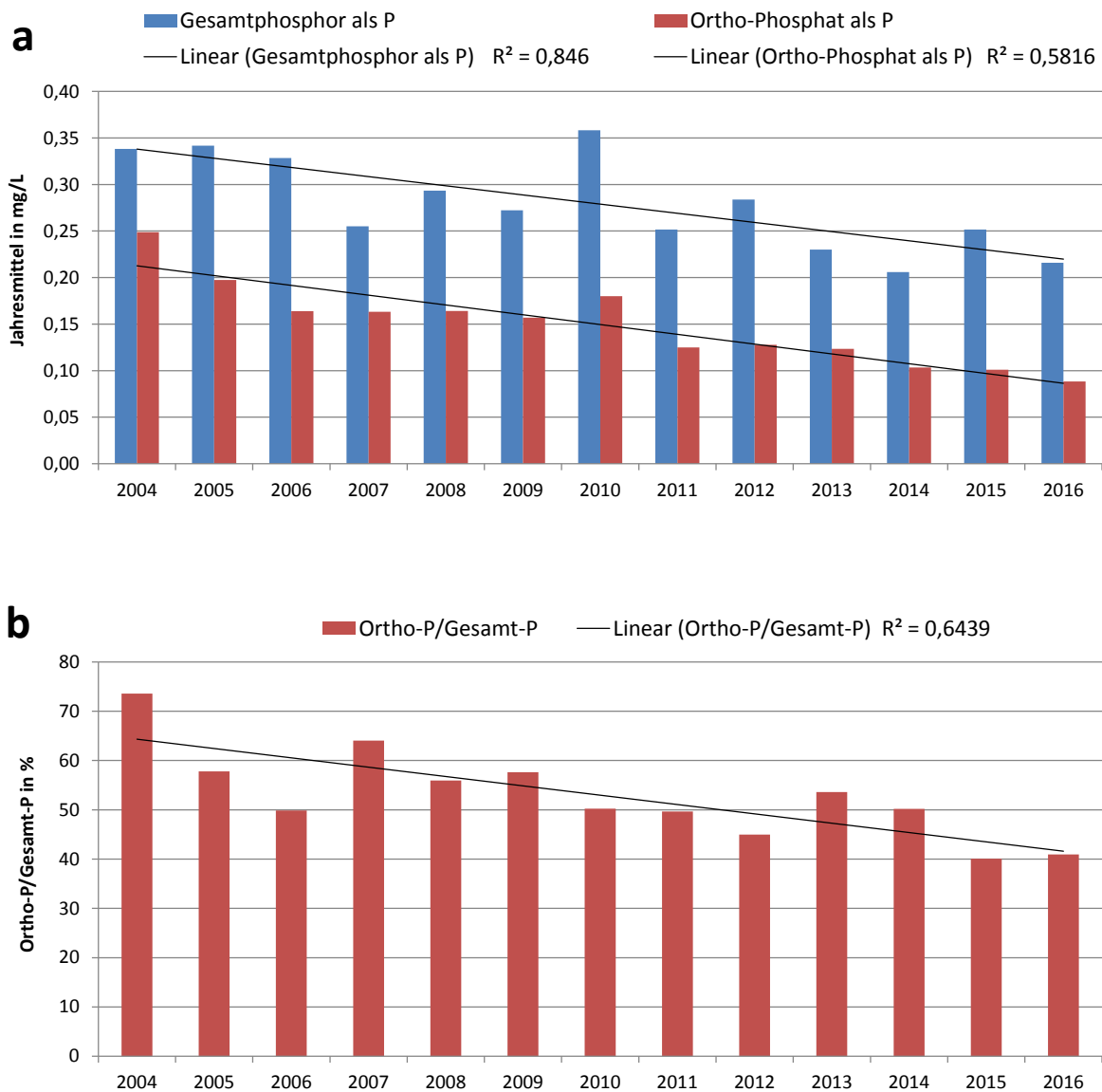


Abb. 16: Entwicklung der Phosphorreduktion in der Isenach bei Flomersheim.
 a) Jahresmittelwerte Gesamt-P und Ortho-Phosphat als P 2004 – 2016.
 b) Anteil Ortho-P am Gesamt-P 2004 - 2016.

Der Erfolg der Sanierungsmaßnahmen in der Abwasserreinigung zeigt sich auch in der Entwicklung des Ortho-P/Gesamt-P-Verhältnisses. Dieses hat sich von 74 auf 41 % verringert (Abb. 16b).

Trotz dieser Maßnahmen ist die Eutrophierung immer noch deutlich und hat erhebliche Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt. Der jetzt erreichte Jahresmittelwert von 0,22 mg/L ist noch mehr als doppelt so hoch wie der Schwellenwert für Gesamt-P (< 0,1 mg/L).

Um die Effizienz des Mitteleinsatzes bei der Maßnahmenplanung zu erhöhen, ist ein besseres Verständnis der steuernden Wirkungszusammenhänge wichtig. Diesbezüglich sollen im nachfolgenden Abschnitt Anregungen für weitere Untersuchungen gegeben werden.

Ein Gewässergütemodell für die Isenach als Entscheidungshilfe für die Maßnahmen-schwerpunkte?

Die Defizite im Sauerstoffhaushalt der Isenach lassen sich auf zwei unterschiedliche Wirkungskomplexe zurückführen:

1. Die eutrophierungsbedingten starken Tagesschwankungen in der Vegetationsperiode
2. Die kurzzeitigen Sauerstoffeinbrüche bei Ansteigen der Abflüsse.

Für den ersten Wirkungszusammenhang sind die Ursachen mit der Eutrophierung klar benennbar, jedoch legt nach SCHARF (2011)¹ die Phosphorverfügbarkeit nur den Rahmen oder das **Eutrophierungspotenzial** fest. Die tatsächliche Ausprägung - die „**realisierte Eutrophierung**“ - ist auch vom Lichtangebot, dem „Beweidungsdruck“ durch Organismen, der Wassertemperatur und den Scherkräften der Strömung (Abrieb von Algen und Verdriftung von Wasserpflanzen) abhängig. Vor allem eine verbesserte Beschattung ist daher neben der weiteren P-Reduktion ein zusätzlicher Bewirtschaftungsansatz, da sie die Tagesamplituden von Temperatur und Sauerstoff reduziert und damit den Stress auf die Biozönosen lindert.

Die kurzzeitigen Sauerstoffeinbrüche haben vermutlich mehrere Ursachen, die in ihren Einzelwirkungen in dieser Untersuchung nicht differenzierbar sind. Mit einem Gewässergütemodell sind die Einflüsse von Mischwassereinleitungen auf das Gewässer besser zu quantifizieren und von den vermuteten Effekten der Remobilisierung von Feinsubstraten zu trennen. Mit Hilfe der Daten aus den Sauerstoffmessungen ließe sich ein solches Modell gut kalibrieren.

Für diese Überlegungen wäre auch der Bedarf für weitere Sauerstoffmessungen an den für das Gesamtsystem wichtigen Gewässerabschnitten zu prüfen. Das LfU könnte hierfür Unterstützung anbieten (Bereitstellung von Sonden, Datenauswertungen).

Ferner ist zu prüfen, inwieweit sich dabei auch die Einflüsse unterschiedlicher Beschattungsgrade auf den Sauerstoffhaushalt und das Temperaturregime auswirkt. Ein Gütemodell mit Temperaturmodul ist ggf. in der Lage, verschiedene Bepflanzungsstrategien unter Berücksichtigung der Exposition der Gewässer in ihrer Wirkung zu analysieren und damit die Maßnahmenplanung unterstützen.

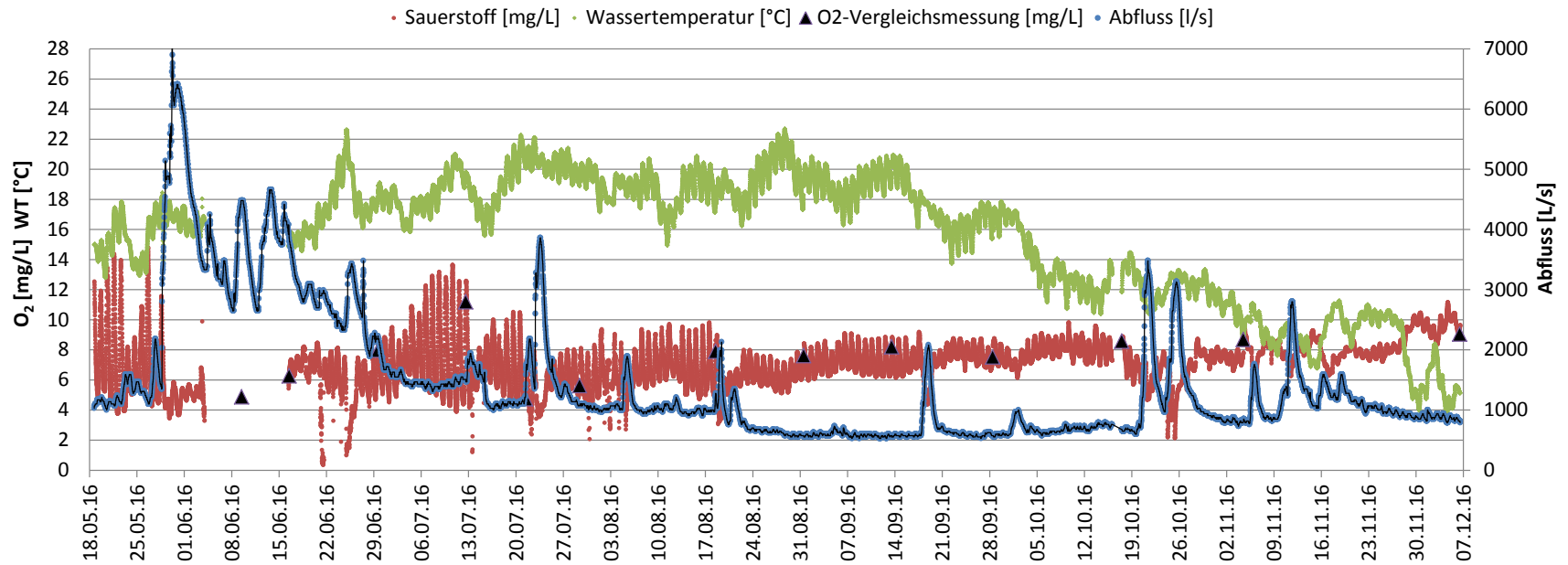
Mainz, im August 2018

¹ Scharf, W. (2011): Eutrophierungserscheinungen als Ursache von Defiziten des ökologischen Zustands der Mittelgebirgsgewässer? – Wasserwirtschaft 1-2: 61-66.

Anlagen

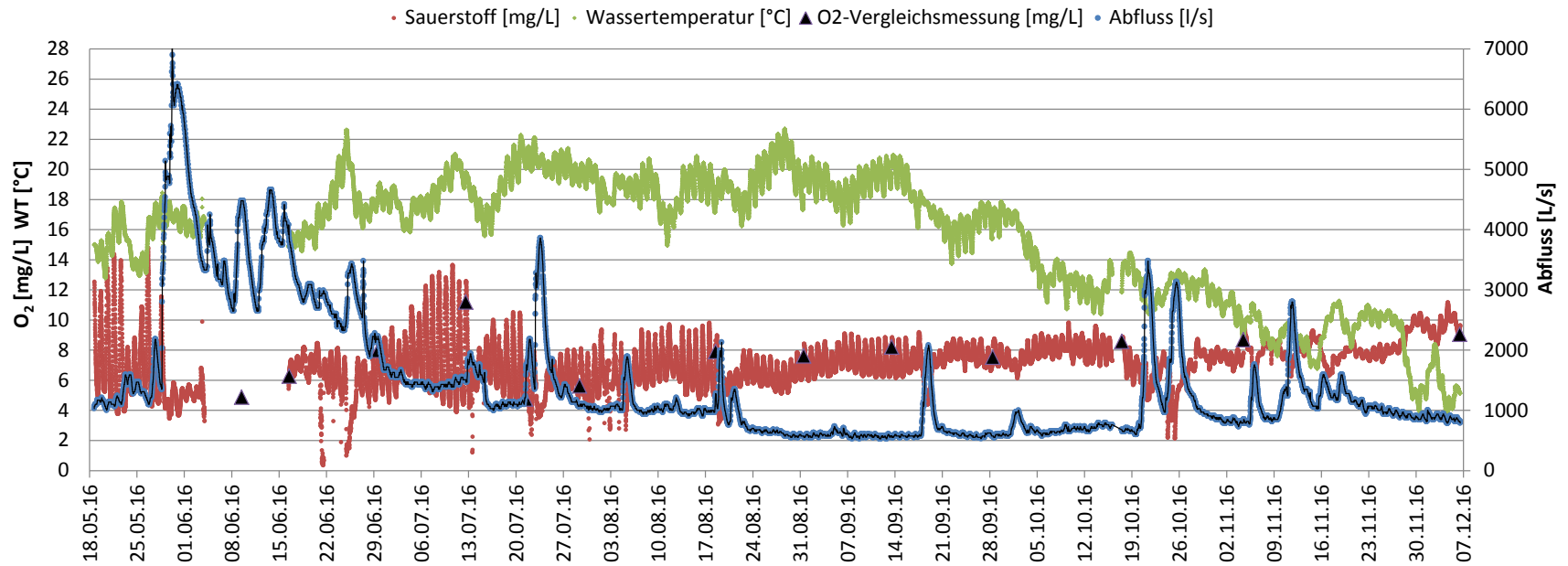
Messreihen an den fünf Standorten (Floßbach 1 - 2 und Isenach 3 - 5)

Anlage 1:



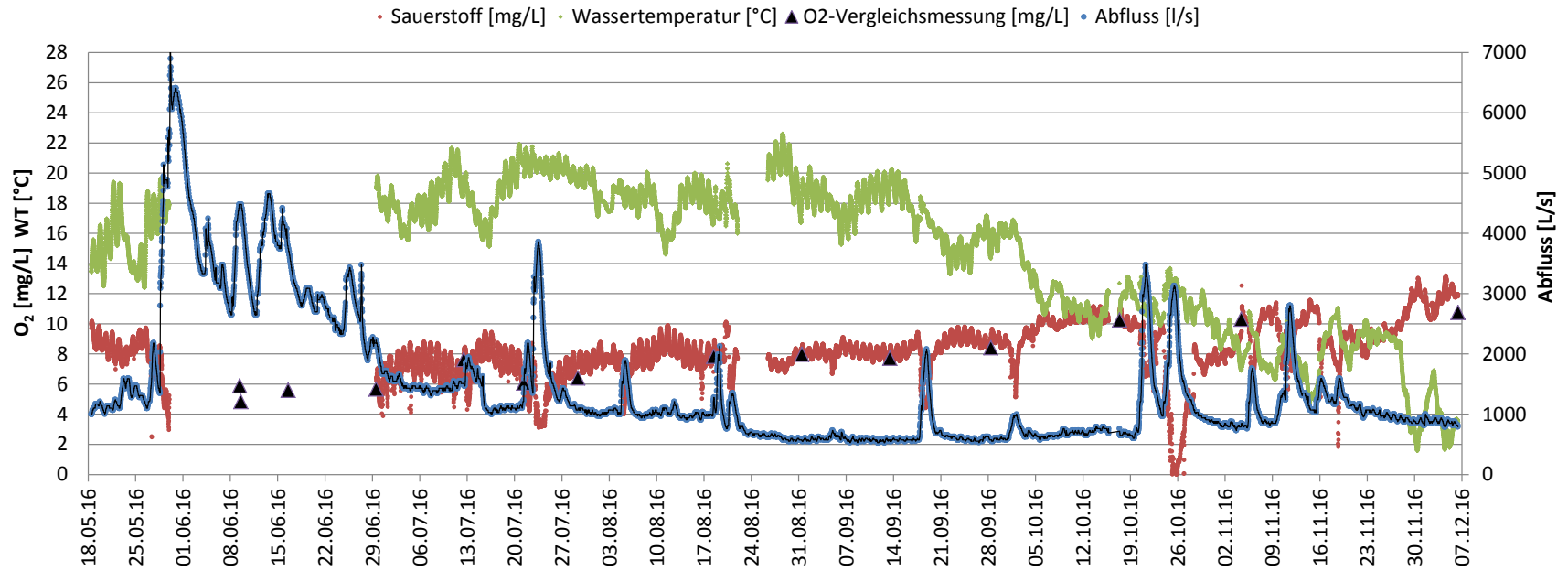
Floßbach (1) bei Fußgönheim: Ganglinien des Sauerstoffgehaltes, der Wassertemperatur und des Abflusses in 2016

Anlage 2:



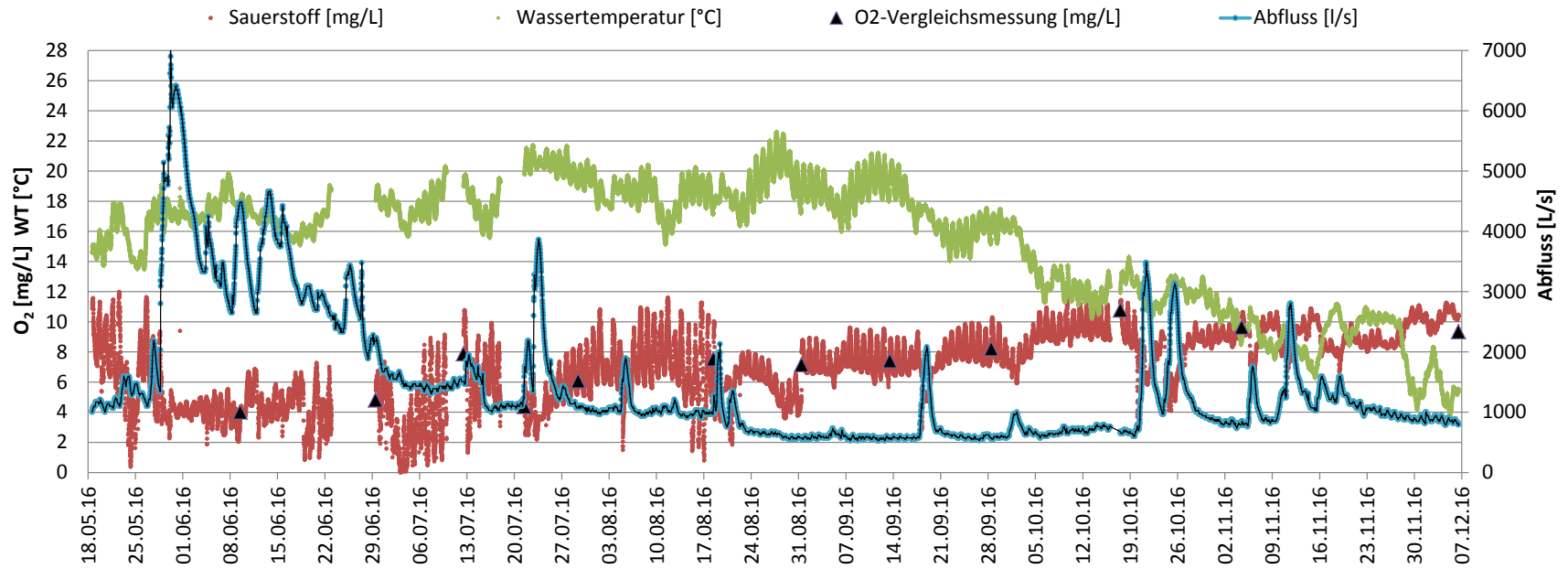
Floßbach (2) bei Lambenheim: Ganglinien des Sauerstoffgehaltes, der Wassertemperatur und des Abflusses in 2016

Anlage 3:



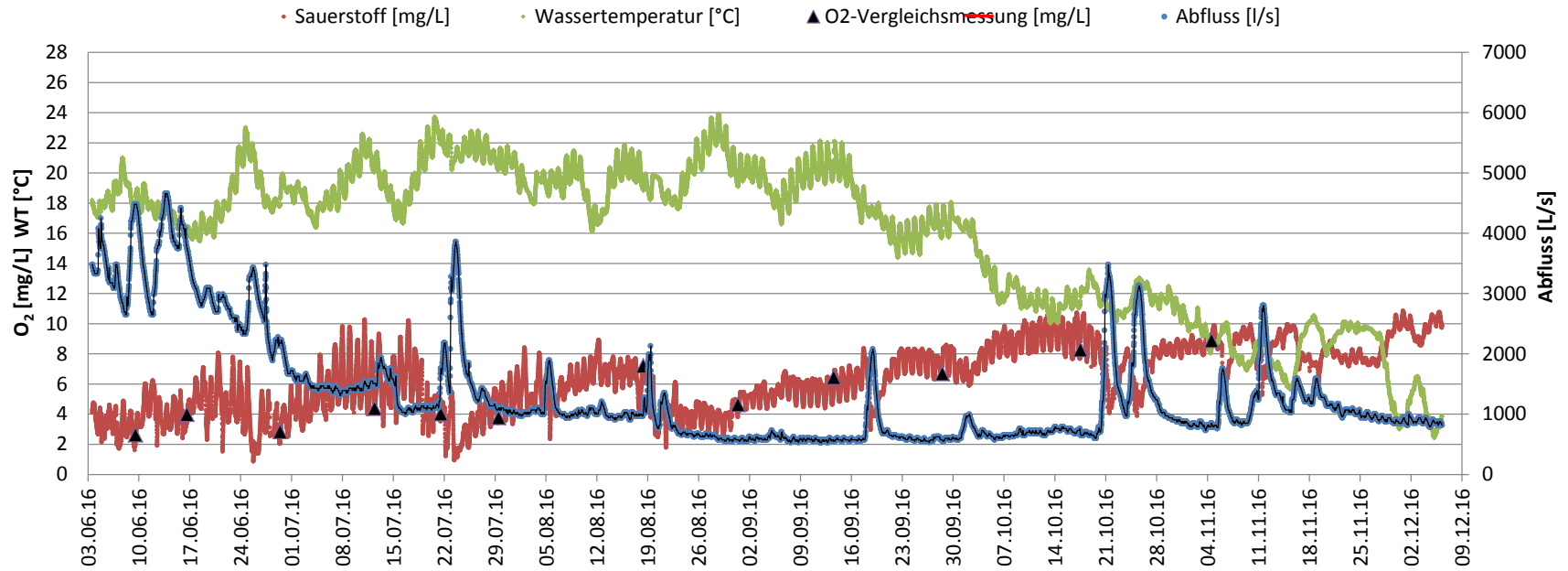
Isenach (3) bei Lambsheim: Ganglinien des Sauerstoffgehaltes, der Wassertemperatur und des Abflusses in 2016

Anlage 4:



Isenach (4) bei Frankenthal: Ganglinien des Sauerstoffgehaltes, der Wassertemperatur und des Abflusses in 2016

Anlage 5:



Isenach (5) bei Roxheim: Ganglinien des Sauerstoffgehaltes, der Wassertemperatur und des Abflusses in 2016