

Anlage 11

Neubewilligung Nordharzverbundsystem

Bericht:

Einfluss der Talsperren-Unterwasserabgabe auf die Wasserqualität
der Fließgewässer Innerste, Grane und Oker
im Harzvorland

Hildesheim, den 29.01.2015

Dr. Arnd Mehling

Harzwasserwerke GmbH
Nikolaistr. 8
31137 Hildesheim

Bericht

Einfluss der Talsperren-Unterwasserabgabe auf die Wasserqualität der Fließgewässer Innerste, Grane und Oker im Harzvorland

Zusammenfassung:

Der Einfluß der von den Talsperren des Nordharz-Verbundsystems abgegebenen Rohwässern (Tiefenwässer) auf die Unterläufe der Fließgewässer im Harzvorland wurde überprüft. Zu diesem Zweck wurden in 2013/2014 engmaschige Rohwasseruntersuchungen an Grane-, Oker- und Innerstetalsperre sowie Fließgewässer-Längsschnitte durchgeführt. Die Längsschnitte wurden vom Zufluß zur Talsperre über das Talsperren-Rohwasser bis nach Sehlde im Innerstetal und Schladen im Okertal (Harzvorland) zwischen Juni 2013 und August 2014 an 10 Terminen durchgeführt.

Der Einfluß der Sauerstoffzehrung im Rohwasser der Talsperren und das damit verbundene jahreszeitliche Vorkommen von gelöstem Mangan, Ammonium und Nitrit im Unterlauf war begrenzt. So traten zwischen den einzelnen Talsperren erwartungsgemäß deutliche Unterschiede bei der Intensität der Sauerstoffzehrung und den Mangankonzentrationen auf. Insgesamt wurde die Sauerstoffsättigung im Unterlauf aufgrund der turbulenten Strömungsverhältnisse nach kurzer Fließstrecke (< 2 km) wieder hergestellt. Gleichzeitig wurden die Ammonium, Nitrit und Mangankonzentrationen deutlich reduziert.

Die aus den Talsperren saisonal verfrachteten Phytoplanktonbiomassen entsprachen dem Trophiegrad der jeweiligen Talsperre und hatten keine großflächigen Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt der unterliegenden Fließgewässer. Die Primärproduktion (gemessen als Chlorophyll-a) der Fließgewässer im Sommer übertraf dabei die Verfrachtung von Phytoplanktonbiomasse aus der Talsperre. Im Vorland war der Einfluß von anthropogenen Einleitungen an Oker und Innerste für die Parameter Mangan, Ammonium, Phosphat und Chlorophyll-a gut zu erkennen.

Anhand der Fließgewässer-Längsschnitte war der Wechsel vom Naturraum Harz mit seinen silikatischen Gesteinen in den Naturraum Vorharz mit seinen karbonatischen Gesteinen anhand der Ionenzusammensetzung, pH-Wert-Niveau und Härte (Calciumkonzentrationen) deutlich zu verfolgen. Der anthropogene Anteil an den Ionengehalten wurde nicht bestimmt.

Entsprechend der Einschätzungen des LAVES wurde den betrachteten Abschnitten der Innerste und der Oker die zugehörige Fischregion zugeordnet. Aus der Zuordnung der Fischregionen wurden über die Leitfischarten Bachforelle (*Salmo trutta* f. *fario*) und Äsche (*Thymallus thymallus*) und deren Temperatursprüchen für die einzelnen Fließgewässerabschnitte Temperaturreferenzen abgeleitet. Zusätzlich wurden Vergleiche mit

dem Temperaturniveau im potentiell natürlichen Zufluß zur Talsperre und in Vergleichsbächen (Neile, Radau, Ecker) durchgeführt. Die Ansprüche der Leitfischarten an die Wassertemperatur im Unterlauf werden in allen betrachteten Abschnitten erreicht. Die Äschenregion an der Oker zwischen Radaumündung und Schlade erreicht den unteren Teil des Vorzugs-Bereiches für den Sommer zwischen 12 und 18°C. An der Innerste zwischen Granemündung und Sehlde werden die entsprechenden Wassertemperaturen ebenfalls erreicht. Zu berücksichtigen sind hier Ableitungen und Staue in einigen Gewässerabschnitten. Im Frühjahr ist das Laichen der Äschen (Frühjahrslaicher) bei den gefundenen Temperaturen an Innerste und Oker möglich. Die Bachforelle, die vor allem im Herbst eine ausreichend tiefe Wassertemperatur ($< 12^{\circ}\text{C}$) für die Laichzeit ab November benötigt, kann in allen betrachteten Fließgewässerabschnitten ab Anfang November laichen.

Insgesamt sind die Einflüsse durch die Talsperren auf den Unterlauf zu erkennen. Sie sind aber nicht so stark ausgeprägt, dass von deutlichen Verschlechterungen in den Unterläufen der Talsperren gesprochen werden kann. In diesem Zusammenhang sind andere anthropogene Beeinflussungen im Vorland mit zu berücksichtigen.

Einleitung

Durch den Betrieb der Talsperren des Nordharz-Verbundsystems werden die Fließgewässer unterhalb der Talsperren in ihrer Wasserbeschaffenheit verändert. Um die Veränderungen quantifizieren und einschätzen zu können, wurden im Jahr 2013/2014 engmaschige Untersuchungen der Wasserqualität der an den Unterlauf abgegebenen Talsperren-Rohwässer (Tiefenwässer) durchgeführt. Parallel dazu wurden über den Jahresverlauf an 10 bzw. 12 Terminen die Veränderungen der Wasserqualität und hier insbesondere der Wassertemperatur der Fließgewässer bis in den Vorharz mittels Fließgewässer-Längsschnitten untersucht. Diese Längsschnitte zeigen natürliche (z.B. Geologie) und anthropogene (z.B. Einleitung) Veränderungen an. Aus den Ergebnissen der Untersuchungen soll hier eine Abschätzung der Veränderungen der Wasserqualität in den Fließgewässern zwischen Quellbereich, Talsperre und Harzvorland erfolgen. Den hier vorgestellten Ergebnissen können die im Anhang A01 aufgeführten Ganglinien der Daueruntersuchungen der Rohwässer und der Hauptzuflüsse der einzelnen Talsperren der letzten 10 Jahre (2005 □ 2014) gegenübergestellt werden, um die gezeigten Effekte anhand der Ganglinien über einen längeren Zeitraum verfolgen zu können.

1. Okertalsperre

Die Okertalsperre ist mit einem Vollstau bei 416,6 m üNN. (46,83 Mio. m³) die höchst gelegene und größte Talsperre im Nordharz-Verbundsystem. Sie fasst die Wässer aus den Einzugsgebieten der Kalbe und Huhne, des Kellwassers, der Großen Oker, der Großen Bramke und der Lange. Die in den Einzugsgebieten anstehenden silikatischen Gesteine sind calciumarm und prägen die abfließenden Wässer. So sind alle Zuflüsse der Okertalsperre silikatisch geprägte Fließgewässer mit sauren pH-Werten, geringer pH-Pufferung, elektrolytarm und sehr weich. Die im Einzugsgebiet gelegenen Moore beeinflussen die Wasserqualität erheblich. So sind die Wässer des Einzugsgebietes typischerweise durch Huminstoffe aus den Moorflächen braun gefärbt. Viele der Okerzuflüsse besitzen somit einen huminsauren Charakter.

Die Unterschiede in der Beschaffenheit der in die Okertalsperre zufließenden Bäche aus der Quellregion werden in der Talsperre ausgeglichen. Das an den Unterlauf abgegebene Talsperrenwasser besitzt somit im Vergleich zu den Zuflüssen, auch aufgrund der Verweilzeit in der Talsperre, eine stark gedämpfte stoffliche Dynamik.

Die Wassertemperatur des Wasserkörpers der Okertalsperre unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen. Dementsprechend bilden sich unterschiedlich temperierte Wasserschichten über den Jahresverlauf aus. Der vorliegende Schichtungstyp mit Frühjahrs- und Herbstvollzirkulation sowie Winter- bzw. Sommerschichtung wird als dimiktisch bezeichnet und ist typisch für mitteleuropäische Seen. Die während des Sommers auftretenden Wasserschichten, das warme oberflächennahe Epilimnion und die kalte Tiefenschicht, das Hypolimnion beeinflussen den Stofftransport im Wasserkörper. So unterbindet die Schichtung im Sommer weitgehend einen Transport der gelösten bzw. nicht sedimentierenden Stoffe zwischen den beiden Schichten.

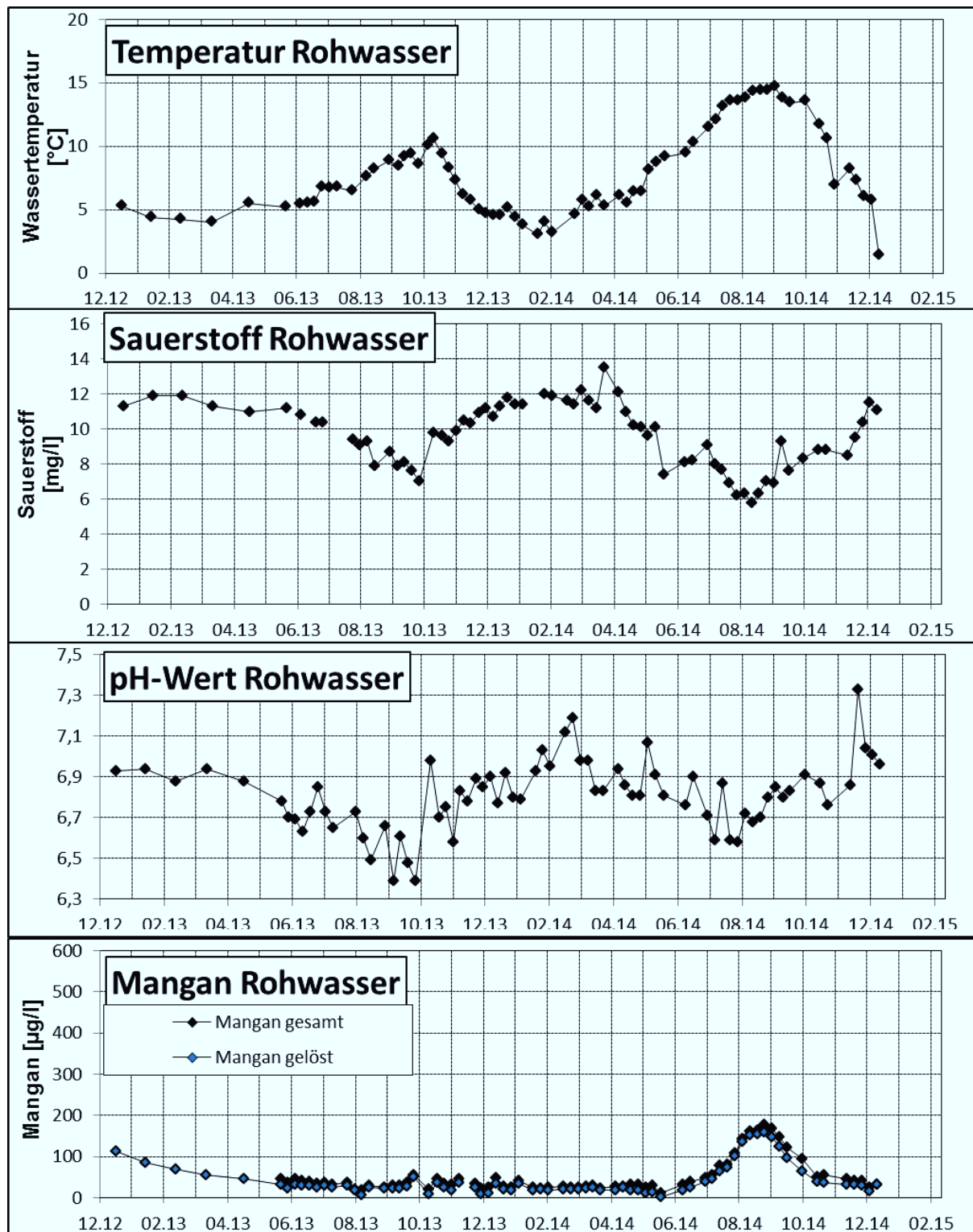


Abbildung 01: Entwicklung der Wassertemperatur, des Sauerstoffgehaltes, des pH-Wertes und der Mangankonzentration in der Okertalsperre in 2013/2014.

Das Rohwasser der Okertalsperre besteht ausschließlich aus Tiefenwasser und wird zur Unterwasserabgabe genutzt. Aus diesem Grund liegt die Wassertemperatur des Rohwassers zwischen Ausbildung der Temperaturschichtung Mitte Mai bis zur Umwälzung des Wasserkörpers im Oktober zwischen 6 °C und 12 °C. In Jahren mit kleinem Wasserkörper (Niedrigwasserjahre) kann die Umwälzung schon Ende August stattfinden.

1.1 Okertalsperre Rohwasser

Das Tiefenwasser der Okertalsperre wird zur Abgabe an den Unterlauf und zur Überleitung zur Granetalsperre genutzt. Die Entwicklung der Wassertemperatur durch die Ausbildung der Schichtung, des Sauerstoffgehalt des Rohwassers sowie des pH-Wertes und der Mangankonzentration ist aus Abbildung 01 zu entnehmen.

Für die Jahre 2013/2014 ist die Temperaturentwicklung über den Jahresverlauf zu erkennen. Grund für die Schwankungen sind der Talsperrenstand sowie die meteorologischen und hydrologische Unterschiede im jährlichen Wettergeschehen. So zeigt das Rohwasser im Jahr 2013 erst nach der Umwälzung am 4.11.2013 die höchste Wassertemperatur des Jahres mit 10,6°C. In 2014, aufgrund des kleineren Wasserkörpers und der frühen Umwälzung, wurde die maximale Wassertemperatur des Rohwassers mit 14,7 °C am 22.09.2014 erreicht. Im Herbst 2014 wurde die 10 °C Marke am 11.11.2014 wieder unterschritten. Dieses Beispiel zeigt, dass bei kleinem Wasserkörper und früher Umwälzung wie in 2014 im Sommer Wassertemperaturen von 12 □ 14 °C für 3 Monate vorliegen können, dass aber in anderen Jahren Wassertemperaturen von 10 □ 12 °C nur für 2 Wochen im Frühherbst vorliegen. Die zugehörige Ganglinie der Sauerstoff-Konzentration zeigt ebenfalls die physikalisch begründeten Unterschiede durch die unterschiedlichen Wassertemperaturen an. Allerdings ist das Minimum der Sauerstoff-Konzentration, das kurz vor der Umwälzung erreicht wird, durch sauerstoffzehrende Prozesse im Wasserkörper und Sedimentoberfläche hervorgerufen. So verringert sich die Sauerstoff-Sättigung durch sauerstoffzehrende Abbauprozesse vor der Umwälzung deutlich und liegt zwischen 50 und 60 %. Dieser Effekt geht auch mit den niedrigsten pH-Werte im Rohwasser einher. Grund ist die bei den Abbauprozessen gebildete Kohlensäure, die zu einer pH Depression führt. Normalerweise liegen die pH-Werte vor der Umwälzung um 6,5.

Die Sauerstoffzehrung führt vor der Umwälzung zu einer Rücklösung von Mangan aus dem Sediment. Entsprechend des vorliegenden oligotrophen - mesotrophen Trophiegrades der Okertalsperre und der kommoden Sauerstoffzehrung werden Mangankonzentrationen in der Spitze von 170 µg/l beobachtet. Gleichzeitig wird Ammonium und Nitrit durch die Abbauprozesse gebildet. Die Konzentrationen liegen aber auf einem geringen Niveau (Ammonium max. 120 µg/l, Nitrit max. 40 µg/l).

In 2013 kam es aufgrund der recht niedrigen Wassertemperatur und der entsprechend hohen Sauerstoffsättigung vor der Umwälzung zu keinem Anstieg der Mangankonzentration im Rohwasser.

Die Auswirkungen der dargestellten Parameter des Rohwassers auf den Unterlauf werden im Folgenden beschrieben.

2. Oker Fließgewässer □ Längsschnitte im Gewässerverlauf

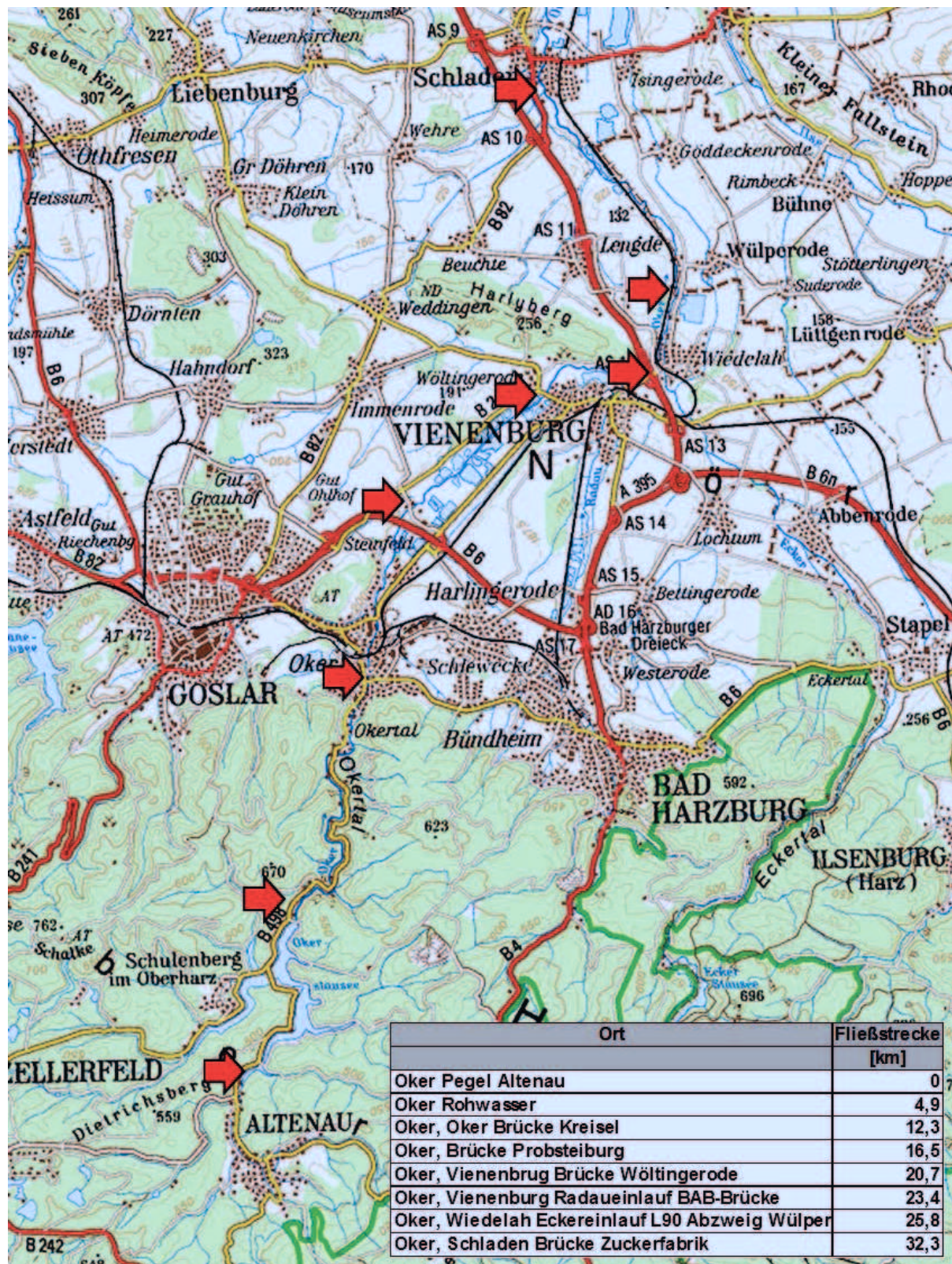


Abbildung 02: Probenahmestellen im Längsverlauf der Oker zwischen Quellbereich und Vorharz.

Der Temperatureinfluß des aus der Okertalsperre abgegebenen Tiefenwassers auf das unterhalb liegende Fließgewässer ist abhängig von der abgegebenen Wassermenge (Betriebsplan untere Lamelle 1,3 m³/s), Fließstrecke und Gefälle, von der Wasserkraftnutzung, der Beschattung des Gewässers und der Jahreszeit. Während die Wassertemperatur im Winter durch den Talsperrenwasserkörper nur unwesentlich verändert wird, kann es im späten Frühjahr und im Sommer zu kälteren, im frühen Herbst nach der Umwälzung der Talsperre zu wärmeren Wassertemperaturen im Vergleich zum unbeeinflussten Zustand im Unterlauf kommen. Die Unterschiede in der Rohwassertemperatur sind im Abschnitt Rohwasser skizziert. Um die Veränderungen, die die Ableitung von Tiefenwasser auf die Fließgewässer haben, zu quantifizieren, wurde die Oker zwischen Okertalsperre und Schladen an 8 Messpunkten 10 mal innerhalb eines Jahres zwischen dem 24.06.2013 und dem 27.08.2014 beprobt, siehe Abbildung 02. Aus den Ergebnissen der Untersuchungen unterhalb der Okertalsperre läßt sich zusammen mit den Verhältnissen im Zufluß und Rohwasser der Talsperre der Zustand des Unterlaufes bewerten.

2.1 Temperaturansprüche der Fischarten

Die zur Okertalsperre zulaufenden Bäche werden alle der oberen Forellenregion dem Epirhithral zugeordnet. Bachforelle (*Salmo trutta f. fario*) und Mühlkoppe (*Cottus gobio*) sind die Leitfischarten dieser Fließgewässer. Beide Arten dominieren auch den Fischbestand unterhalb der Talsperre bis die Oker unterhalb des Ortes Oker ins Vorland fließt. Die Oker von der Talsperre bis zur Mündung der Radau in Vienenburg ist als untere Forellenregion (Metarhithral) ausgewiesen. Ab der Radaumündung bis kurz vor Schladen ändert sich dann die Fließgewässerregion hin zur Äschenregion (Hyporhithral). Diese Einteilung hat Auswirkungen auf die Referenz der Wassertemperatur in den genannten Fließgewässerabschnitten. So brauchen Äschen und ihre Fortpflanzungsstadien (Eier, Larven, Jungfische) etwas höhere Vorzugstemperaturen als Bachforelle und Mühlkoppe, siehe Tabelle 01.

	Bachforelle (<i>Salmo trutta f. fario</i>)	Mühlkoppe (<i>Cottus gobio</i>)	Äsche (<i>Thymallus thymallus</i>)
Laichzeit	Winterlaicher, Okt. - Jan.	Frühjahrslaicher März - Mai	Frühjahrslaicher April bis Juni
Laichhabitat	< 12 °C	7 - 14 °C	6-10°C
Eier	Vorzugstemperatur Eientwicklung 4 - 6°C, min. 1°C, max. 12°C, Optimum 1- 8°C	7 - 14 °C	8 - 10°C, min. 4°C, Optimum 7 - 14 °C Herkunftsabhängig
Brut	bis 8 - 13°C	7 - 14 °C, 5 - 27 °C Nahrungsaufnahme	8 - 10°C, min. 4°C, Optimum 9 - 14 °C Herkunftsabhängig
Juvenil	<20°C sommerkühl, 10 - 18 °C günstig, Optimum 13 °C, Nahrungsaufnahme und Wachstum bis 18 -19°C	14-16°C günstig, Maximal 18°C, ab 22°C keine Besiedlung	Verbreitungsgrenze Mittlere Sommertemperatur 17 - 18 °C, Vorzugstemperatur 12 - 18 °C, Max. 25°C
Adult	<20°C sommerkühl, 10 - 18 °C günstig, Optimum 13 °C, Nahrungsaufnahme und Wachstum bis 18 -19°C,	14-16°C günstig, Maximal 18°C, ab 22°C keine Besiedlung	Verbreitungsgrenze Mittlere Sommertemperatur 17 - 18 °C, Vorzugstemperatur 12 - 18 °C, Max. 25°C

Tabelle 01: Temperaturansprüche der Leitfischarten der Forellen- und Äschenregion.

Für die Bachforelle liegt ein Temperaturoptimum von 10 bis 18°C im Sommer vor, wobei im Herbst zur Laichzeit (Winterlaicher) 12°C nicht überschritten werden dürfen (Optimum 6 □

10°C), da sonst keine Eientwicklung möglich ist. Mit tiefen Wassertemperaturen 6 - 10 °C im Frühjahr kommen die Fischlarven und später die Jungfische gut zurecht. In der Wachstumszeit im Sommer sollte die Wassertemperatur zwischen 10 und 18 °C liegen. Niedrigere Temperaturen werden auch vertragen, das Wachstum geht dann aber bei Jungfischen und Adulten zurück. Höhere Temperaturen als 20° C können in Abhängigkeit

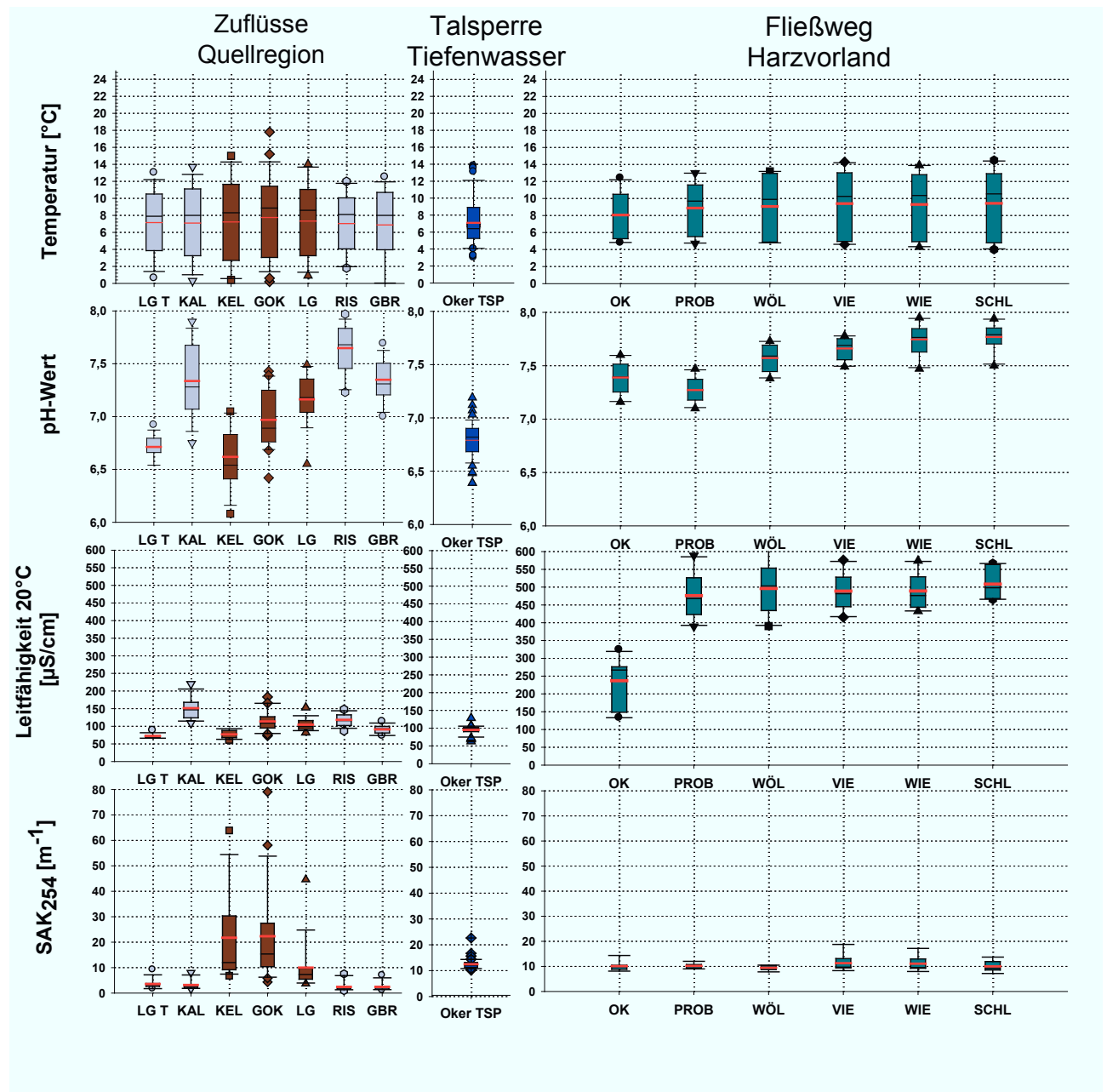


Abbildung 03: Oker Fließgewässerlängsschnitt mit den Probenahmestellen Quellbereich mit Langes Tal (LGT), Kalbe (KAL), Kellwasser (KEL), Gr. Oker (GOK), Lange (LG), Riesenbach (RIS), Gr. Bramke (GBR), Romke (RO); Okertalsperre Rohwasser (OkerTSP); Fließweg Vorharz mit Stadt Oker Mitte (OK), Probsteiburg (PROB), Brücke Wöltingerode (WÖL), BAB-Brücke Vienenburg (VIE), Wiedelah Ortsausgang (WIE) und Schladen Zuckerfabrik (SCHL); Ergebnisse für ausgesuchte Wasserparameter dargestellt als Whisker-Box-Plots, Box-Werte 25 □ 75%, obere- und untere Grenze 10 und 90%, schwarzer Box-Strich Median-Wert, roter Box-Strich Mittelwert.

vom vorliegenden Sauerstoffgehalt kritisch werden. In etwa ähnliche Ansprüche an die Wassertemperatur hat auch die Mühlkoppe, die mit der Bachforelle oft vergesellschaftet ist.

Die Äsche braucht im Frühjahr als Frühjahrslaicher (April-Mai) Wassertemperaturen von 9 °C bis 14°C. Wassertemperaturen unter 9°C (minimal 6°C) verlangsamen die Eientwicklung. Bei Wassertemperaturen über 16 °C ist die Eientwicklung gestört. Im Sommer sind für Adulte und Jungfische Wassertemperaturen von 12 - 18 °C zur Nahrungsaufnahme optimal.

Grundsätzlich gilt, dass geringe Wassertemperaturen im Sommer oft zu einer Verringerung der Nahrungsaufnahme und damit zu einer schlechten Kondition der Fische führen. Entsprechend der unterschiedlichen Ansprüche der Fischarten an eine optimale Wassertemperatur sind Äschen von niedrigen Wassertemperaturen (<10°C) in ihrer Entwicklung stärker betroffen als Bachforellen.

2.2 Einfluß der Temperatur □ Vergleich Oberlauf Harz / Unterlauf Vorland

Die Wassertemperaturen in den Fließgewässern oberhalb der Okertalsperre können im Winter bei Niedrigwasser bis unter 1°C fallen. Typischerweise werden im Frühjahr (April-Mai) Temperaturen von 4 °C bis 9 °C entsprechend des vorliegenden Abflusses und den meteorologischen-Verhältnissen (Schneesmelze) beobachtet. Im Sommer (Juni bis September) können bei Niedrigwasser und starker Sonneneinstrahlung durch die schnelle Aufheizung des dann flachen Gewässers Wassertemperaturen bis 17 °C auftreten. Dies sind Extremwerte, typischerweise steigt die Temperatur nicht über 15°C. Im Herbst nimmt die Wassertemperatur ab und liegt zwischen 4 - 8 °C, Anfang Dezember oft um 5°C. Die auftretenden Wassertemperaturen entsprechen einem natürlichen Temperaturgang eines Mittelgebirgsbaches in der vorliegenden Höhenlage, wie z.B der Oker am Pegel Altenau, siehe Abbildung 03 und Abbildung 04.

Bei den vorliegenden Wassertemperaturen in der Oker am Pegel Altenau sind die Temperaturpräferenzen von Bachforelle und Mühlkoppe und deren Entwicklungsstadien eingehalten. Die schon vorkommenden Elritzen bevorzugen die Mündungsbereiche der Bäche in die Talsperre/Vorsperre. Für die Bachforelle als Winterlaicher werden während der Laichzeit (ab Mitte November) die Wassertemperatur von nicht wärmer als 8°C eingehalten. Für die folgende Eientwicklung wird der Temperaturbereich 1 °C bis 8 °C (optimal 4 - 6°C) nicht überschritten. Beim Schlupf im Frühjahr (April) liegen keine Temperaturen >12°C vor. Für die freischwimmende Brut ab Mitte Mai, juvenile und adulte Bachforellen werden die empfohlenen Temperaturen von 10 °C bis 18 °C (optimal 13°C) im Sommer zur Nahrungsaufnahme und Wachstum erreicht. Die Mühlkoppe als Frühjahrslaicher (im Harz Mai-Juni) ist an geringe Temperaturen im Frühjahr angepasst. In den von Koppen besiedelten Zuflüssen zur Okertalsperre liegen die Temperaturen im Mai-Juni bei 7 °C bis 10 °C. Koppen haben Vorzugstemperaturen zwischen 14 - 16 °C. Dauerhaft deutlich wärmere Habitate werden nicht besiedelt.

Der Temperatureinfluß des aus der Okertalsperre abgegebenen Tiefenwassers auf das unterhalb liegende Fließgewässer ist hauptsächlich abhängig von der abgegebenen Wassermenge und von der Jahreszeit. Ebenfalls muß die Verrohrung und das Unterwasserbecken zwischen der Okertalsperre und dem Ort Oker mit berücksichtigt werden. So ist der Einfluß des abgegebenen Talsperrentiefenwassers im Ort Oker noch zu erkennen. An der nächsten Messstelle Probsteiburg ist der Temperatureinfluß nur noch gering. Hier werden im Mai-Juni Wassertemperaturen von 8-10°C gemessen. Auf dem folgenden Fließweg bis Schladen steigt die Wassertemperatur schnell bis auf 14°C an. Im Herbst fällt die Wassertemperatur wieder schnell, so liegen Ende Oktober/Anfang November schon Temperaturen von <10°C auf dem Fließweg vor. Die Temperaturanglinie der Oker und deren jahreszeitliche Veränderung entspricht ab dem Ort Oker den Verhältnissen im Metarhithal. Insbesondere den Fischarten der unteren Forellenregion, der Bachforelle und

der Mühlkoppe sagen die Temperatur-Verhältnisse und die daraus resultierenden Sauerstoffkonzentrationen während ihrer Laichzeit für die Eientwicklung sowie für die Nahrungsaufnahme von Brut, Juvenilen und Adulten Fischen im Sommer zu.

Ab dem Zufluß der Radau in die Oker verändert sich durch die Einschätzung des Gewässers als Äschenregion die Referenz der Wassertemperatur. Die Messstellen ab BAB-Brücke Vienenburg bis Schladen liegen somit in der Äschenregion. In Abbildung 04 sind die Wassertemperaturen an diesen Messstellen dargestellt. Im Herbst sind 10°C ab Anfang November unterschritten. Im Frühjahr zeigt sich eine starke Änderung der Wassertemperatur von 6°C Mitte April über 10°C Mitte Mai auf 12 °C im Juni. Diese Temperaturänderung hat durch die Zuflüsse von Radau und Ecker einen 'natürlichen' Anteil. In 2013 stieg die Wassertemperatur zwischen Vienenburg und Schladen im Sommer auf 13 □ 14 °C, in 2014 auf 12°C. Die vorliegenden Wassertemperaturen zwischen Vienenburg und Schladen lassen eine Reproduktion der Äsche zu, die Vorzugstemperatur für Eier und Brut von 9 □ 14°C wird im Mai erreicht. Die anschließende Wachstumsphase der juvenilen und adulten Äschen kann durch die vorliegenden Wassertemperaturen verkürzt und verlangsamt sein. Die Vorzugstemperatur von 12 □ 18 °C im Sommer wird im unteren Bereich erreicht.

Eine Erhöhung der Wassertemperatur auf dem Fließweg unterhalb der Talsperre im Sommer über das gezeigte Maß hinaus ist durch die Ökologisierung des Abflusses zu erreichen. So kann durch Anpassung (Verringerung) der Abgabe (derzeit 1,3 m³/s unterste Abgabelamelle) eine Erhöhung der Wassertemperatur erreicht werden. Zudem fehlen Flachzonen am Fließgewässer die sich entsprechend temperieren können (Äschenbrütlinge).

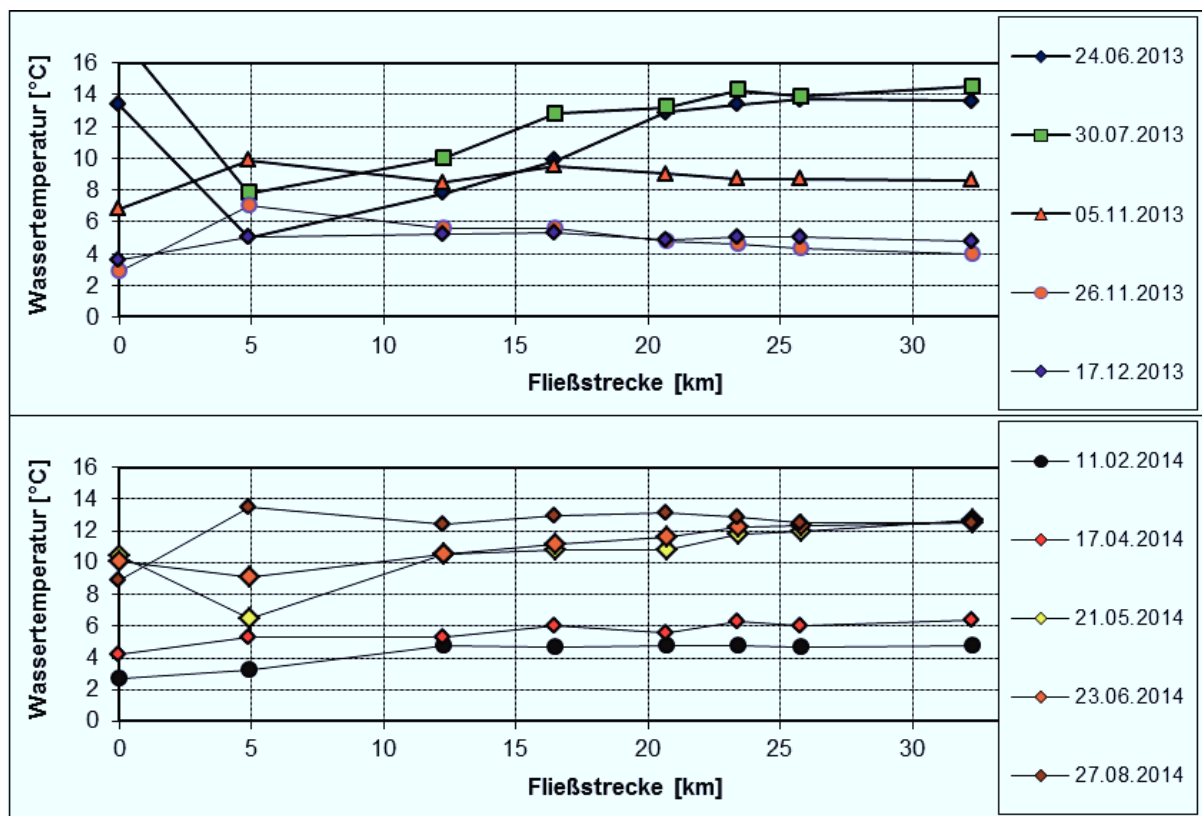


Abbildung 04: Entwicklung der Wassertemperatur 2013/2014 auf dem Fließweg zwischen Pegel Altenau, dem Rohwasser Okertalsperre (5 km) und Schladen (32 km). Die Äschenregion beginnt bei Messtelle 6 (23 km).

Um in der beginnenden Äschenregion an der Oker bei Vienenburg einen Vergleich zwischen einer potentiell natürlichen und einer talsperrenbeeinflussten Wassertemperatur-Ganglinie zu erhalten, wurde die Radau (Radaubrücke/Vienenburg) und die Ecker (Eckerbrücke/Wiedelah) als Temperatur-Referenz genutzt. Beide Fließgewässer sind nicht gänzlich unbeeinträchtigt, so wird die Ecker vor der Probenahmestelle durch eine Ableitung und die Radau durch die Einleitungen der Kläranlage Radautal beeinflusst. Trotzdem sollen die beiden Fließgewässer als Vergleich herangezogen werden. In Abbildung 05 sind die Wassertemperatur-Ganglinien der Oker bei Vienenburg und Wiedelah sowie die Radau und die Ecker dargestellt. Die Unterschiede in der Wassertemperatur sind im Sommer mit bis zu 3°C deutlich, im Frühjahr und Herbst aber gering. Der Wert von 19 °C in der Radau im August 2013 erscheint untypisch hoch.

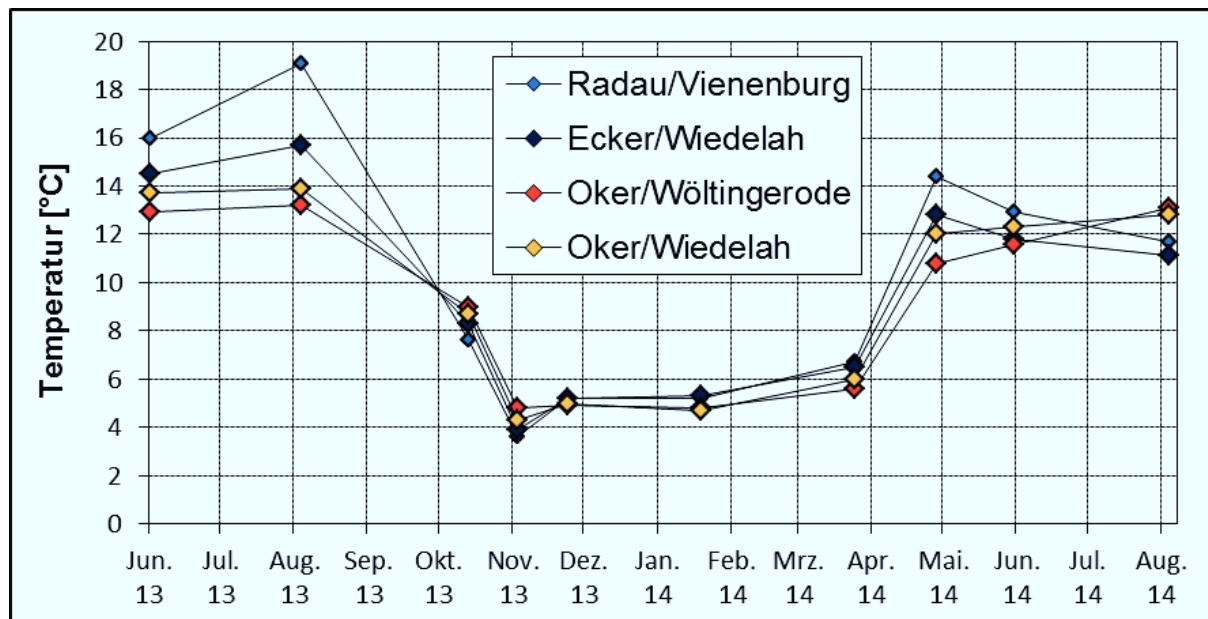


Abbildung 05: Vergleich der Wassertemperatur-Ganglinien zwischen potentiell natürlichen Gewässern (Ecker und Radau) und der talsperrenbeeinflussten Oker bei Vienenburg und Wiedelah.

2.3 Auswirkung der Talsperre auf den Stofftransport aus dem Einzugsgebiet

Der Wasserkörper der Okertalsperre wirkt integrierend und vergleichmäßigend auf alle gelösten Stoffausträge aus dem Einzugsgebiet. Dies betrifft neben der Ionenzusammensetzung, der Säure/Base-Reaktion (pH-Wert) und der Pufferfähigkeit des Wassers auch die Konzentration von gelösten organischen Stoffen wie z.B. moorbürtigen Huminstoffe. Die Stoffdynamik der Zuläufe wird durch die Talsperre geglättet, viel stärker als das durch den natürlichen Zusammenfluß der einzelnen Bäche erfolgen kann.

Interne Ab- und Umbauprozesse im Talsperrenwasserkörper bzw. an der Sedimentoberfläche haben ebenfalls Einfluß auf die Wasserqualität des abgegebenen Rohwassers. So können talsperreninterne Abbauprozesse im Sommer zu Sauerstoffzehrung und Bildung von Mangan, Ammonium und Nitrit führen.

Für partikuläre Stoffe wie Geschiebe, mineralische Trübstoffe, an Partikel adsorbierte Schwermetalle, partikuläres organisches Material (POM) und Plankton wirkt der Talsperrenwasserkörper als Sedimentationsraum. Das partikuläre Material unterliegt der

Sedimentation in der Talsperre und damit der Anreicherung im Sediment. Der Stofftransport in den Unterlauf wird somit durch die Talsperre unterbrochen bzw. verringert.

In Abbildung 03 ist die Veränderung des pH-Wertes, der Leitfähigkeit (Summe der Ionen) und der Huminstoffkonzentrationen zwischen Quellbereich und Unterlauf dargestellt. Der vergleichmäßigende Einfluß der Talsperre ist in der Grafik deutlich zu erkennen. Die Wasserparameter werden im weiteren Fließgewässerverlauf beim Verlassen des Harzes und Eintritt in das Vorland (Ort Oker bis Probsteiburg) durch die geänderte Geologie (kalkhaltige Gesteine) aber auch durch Einleitungen von Kläranlagen verändert. Deutlich wird der Anstieg im Ionengehalt und pH-Wert. Mit dem pH-Wert steigt auch die Pufferfähigkeit des Wassers deutlich an.

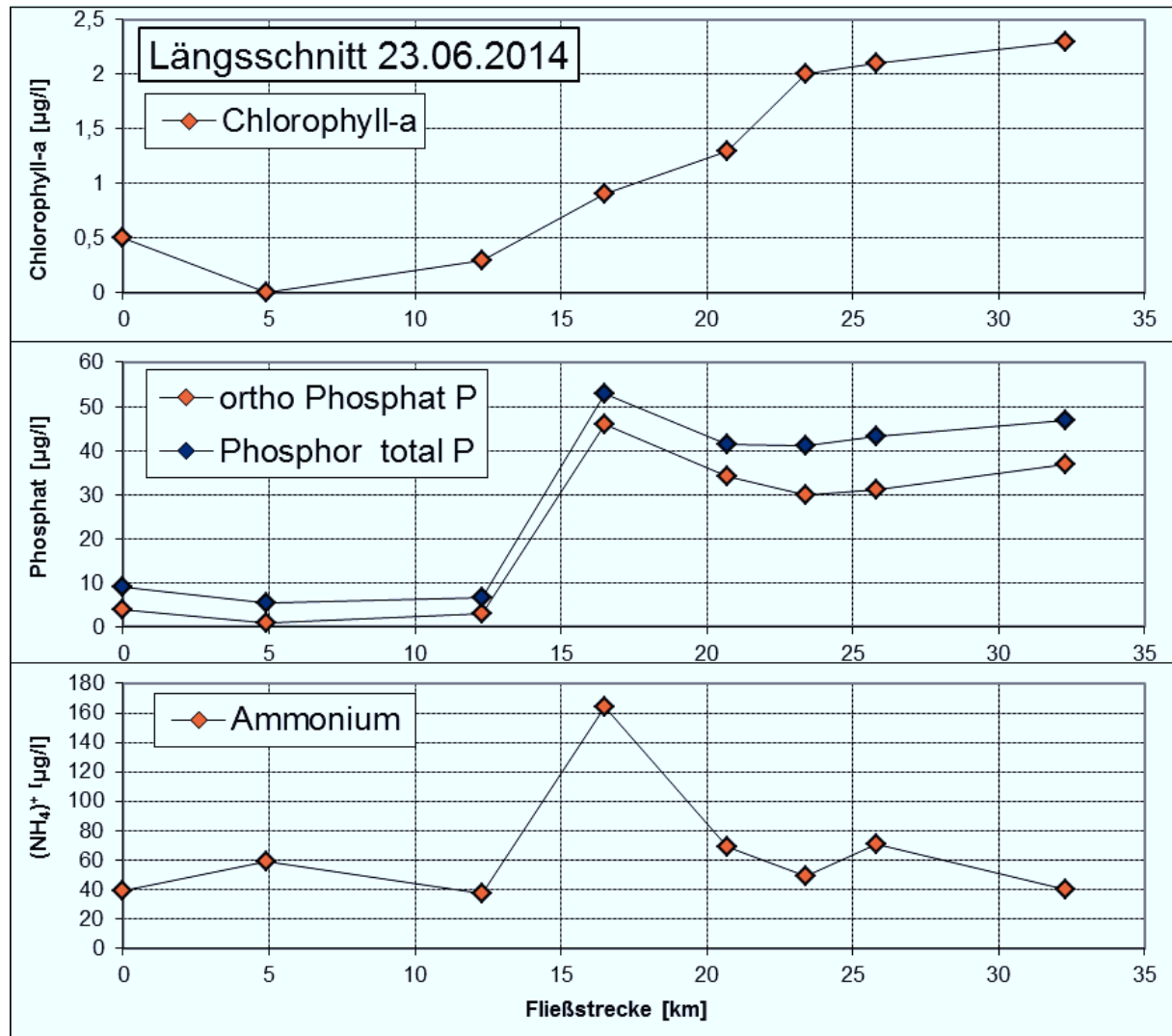


Abbildung 06: Einfluß der Planktonverfrachtung in den Oker-Unterlauf. Chlorophyll-a als Indikator für das Phytoplankton, Phosphat-Konzentration als Anzeiger Nährstoff-Situation, Ammonium als Anzeiger für interne Prozesse des Tiefenwassers. Rohwasser bei 5 km Fließweg, Einleitung Kläranlage vor Probsteiburg (16,5 km Fließweg).

Im Vorland haben auch die zur Oker zufließende Radau und Ecker einen Einfluß auf die Wasserqualität. Die Huminstoffkonzentration in der Oker unterhalb von Vienenburg wird durch die beiden Zuflüsse verändert, was deutlich in der Abbildung 03 zu erkennen ist.

Der Einfluß von Planktonverfrachtung aus der Okertalsperre auf den Unterlauf wurde beim Längsschnitt vom 23.06.2014 untersucht und ist in Abbildung 06 zu erkennen. Die als Indikator für das Phytoplankton genutzte Chlorophyll-a-Konzentration zeigt, dass es praktisch keinen Austrag von Phytoplankton im Juni während der Sommerstagnation aus der Talsperre gibt. Im weiteren Verlauf der Oker zeigt sich aber ein Anstieg der Nährstoff-Konzentrationen sowie ein Anstieg der Ammoniumkonzentration. Aufgrund der veränderten Nährstoff-Situation im Unterlauf ab Probenahmestelle Probsteiburg steigt der Chlorophyll-a Wert und damit die Primärproduktion in der Oker selbst an.

Aus dem Rohwasser sind Planktonverfrachtungen zwischen 1 und 4 µg/l Chlorophyll-a möglich (0,1 bis 1,5 mg/l Phytoplankton-Biomasse). Mit Phytoplankton-Spitzen im Rohwasser ist im März/April (Frühjahrsentwicklung der Kieselalgen, vornehmlich *Asterionella formosa* und *Tabellaria* sp.) und während der Umwälzung des Talsperrenwasserkörpers im September/Okttober zu rechnen. Das Phytoplankton der Okertalsperre ist durch Kieselalgen dominiert. Die hier zugrundeliegenden Daten stammen aus der Talsperren-Beprobung nach WRRL von 2011 und beschreiben die Okertalsperre bei Niedrigwasser mit einer leicht mesotrophen Trophiebewertung, die sich je nach Füllstand der Talsperre verbessert. Die verfrachteten Biomassen sind als gering einzuschätzen und ohne Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt im Unterlauf.

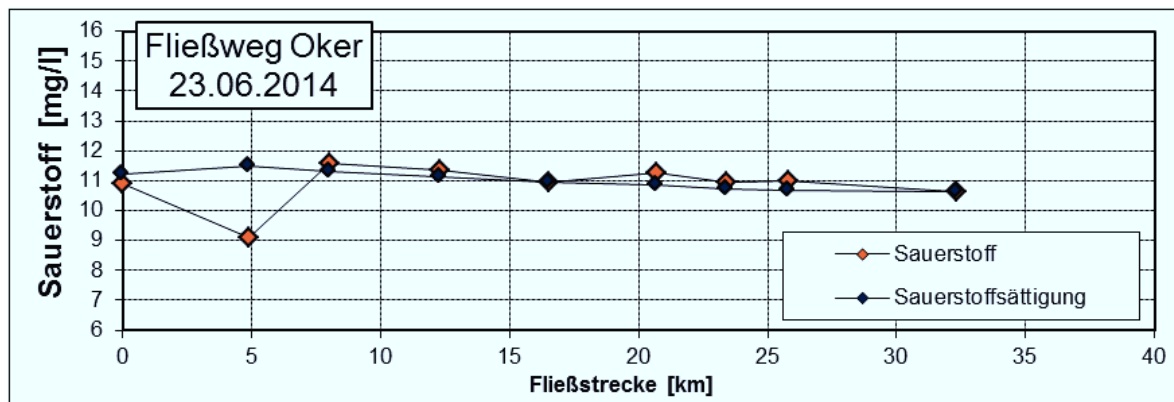


Abbildung 07: Veränderung der Sauerstoff-Konzentration über den Fließweg. Rohwasser bei 5 km Fließstrecke, Pegel Unterwasserbecken bei 8 km Fließstrecke. Die Sauerstoffkonzentration bei 100% Sättigung ist in blau eingezeichnet.

Das in Abbildung 07 gezeigte Sauerstoffdefizit (75%-Sättigung) des Rohwassers führt nach kurzer turbulenter Fließstrecke zum Pegel Unterwasserbecken (8 km Fließstrecke) wieder zu sauerstoffgesättigten Verhältnissen, die bis Schladen (32 km Fließstrecke) beibehalten werden. Dementsprechend steigt die Sauerstoffkonzentration durch die turbulente Strömung und den atmosphärischen Austausch im Fließgewässer sehr schnell wieder in den Sättigungsbereich. Damit ist der Einfluß auf das Unterwasser durch jahreszeitlich begrenzte Sauerstoffdefizite im Rohwasser gering.

Die im Tiefenwasser der Okertalsperre (Hypolimnion) auftretenden sauerstoffzehrenden Abbauprozesse führen zu einem Sauerstoffdefizit im Tiefenwasser. Aufgrund der Veränderung des Sauerstoffhaushaltes kommt es in deren Folge zu einer zeitlich begrenzten Rücklösung von Mangan aus dem Sediment. Die Mangankonzentrationen im Rohwasser steigen oft erst unmittelbar vor der Umwälzung des Wasserkörpers im Spätsommer/Herbst stark an. Das gelöste Mangan wird in dieser Zeit in den Unterlauf verfrachtet.

Die Verfrachtung bzw. die Abnahme der Konzentration des gelösten Mangans durch Ablagerung und Verdünnung auf dem Fließweg der Oker ist in Abbildung 08 zu verfolgen.

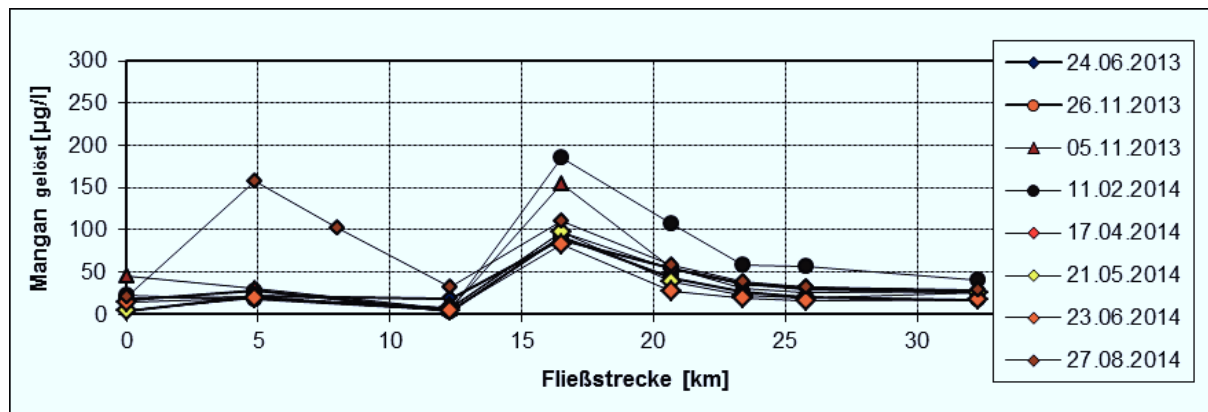


Abbildung 08: Veränderung der Konzentration an gelöstem Mangan auf dem Fließweg der Oker. Der Eintrag über das Rohwasser (5 km) liegt nur im Spätsommer bis Frühherbst vor. Vor der Probestelle Probsteiburg (16,5 km) ist eine Manganeinleitung über das ganze Jahr festzustellen.

Das durch das Rohwasser eingetragene Mangan wird durch das unterhalb der Talsperre liegende Unterwasserbecken (8 km Fließweg) deutlich verringert und liegt an der Probenahmestelle Oker, Kreisel (11,5 km Fließweg) schon auf dem Niveau des Zuflusses bei Altenau. Damit ist der Einfluß des gelösten Mangans auf das Fließgewässer gering. Die gefundenen Konzentrationen sind im betrachteten Zeitraum für die Biozönose zwischen Talsperre und dem Ort Oker ohne Auswirkungen.

3. Innerstetalsperre

Die Innerstetalsperre ist mit einem Vollstau von 20 Mio. m³, bei 261 m üNN, die am tiefsten gelegene und kleinste Talsperre im Nordharz-Verbundsystem. Sie besitzt mit 97 km² das größte Einzugsgebiet aller Westharztalsperren und ist mit einer Abwasserringleitung ausgestattet. Der Wasserkörper der Innerstetalsperre besitzt durch das große Einzugsgebiet den höchsten Nährstoffgehalt und weist trotz der Abwasserringleitung eine mesotrophe Trophie auf. Sie fasst die Wässer aus den Einzugsgebieten der Innerste. Die in den Einzugsgebieten anstehenden silikatischen Gesteine sind calciumreicher als im Einzugsgebiet der Okertalsperre. Der Innerste Zufluß ist somit ein silikatisch geprägtes Fließgewässer mit neutralen pH-Werten, mäßiger pH-Pufferung, elektrolytarm und weich. Das Wasser der Innerste ist nicht durch Moore im Einzugsgebiet beeinflusst.

Die Wassertemperatur des Wasserkörpers der Innerstetalsperre unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen. Dementsprechend bilden sich unterschiedlich temperierte Wasserschichten über den Jahresverlauf aus. Es liegt ein dimiktischer (zweischichtiger) Zirkulationstyp vor. Durch das große Einzugsgebiet und den hohen Zufluß wird der Talsperrenwasserkörper sehr schnell ausgetauscht. Aus diesem Grund erfolgt die Umwälzung je nach Zuflußgeschehen schon Anfang August. Der durchmischte Wasserkörper lässt so einen Austausch und Transport von Plankton-Biomasse im Sommer in das Unterwasser zu.

Das Rohwasser der Innerstetalsperre besteht ausschließlich aus Tiefenwasser und wird zur Unterwasserabgabe genutzt. Aus diesem Grund liegt die Wassertemperatur des Rohwassers zwischen Ausbildung der Temperaturschichtung Mitte Mai bis zur Umwälzung des Wasserkörpers im August/September zwischen 6 und 12 °C. Wassertemperaturen oberhalb von 10 °C werden erst kurz vor der Umwälzung erreicht. Im Unterschied zu den tiefen Talsperren Grane und Oker ist der Einfluß von kaltem Tiefenwasser im Sommer auf den Unterlauf deutlich begrenzt.

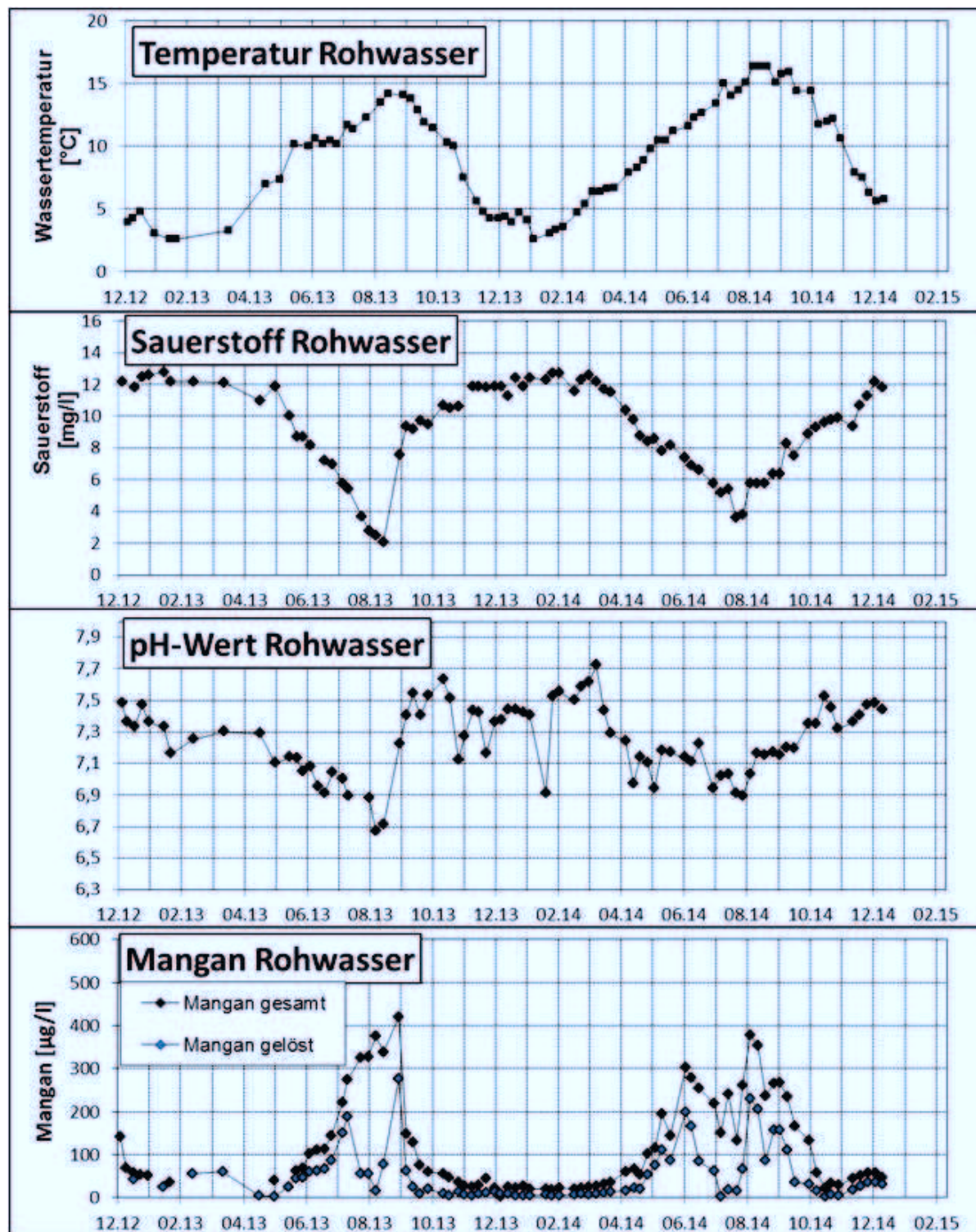


Abbildung 09: Entwicklung der Wassertemperatur, des Sauerstoffgehaltes, des pH-Wertes und der Mangankonzentration in der Innerstetalsperre in 2013/2014

3.1 Rohwasser Innerstetalsperre

Das Tiefenwasser der Innerstetalsperre wird zur Abgabe an den Unterlauf und zur Überleitung zur Granetalsperre genutzt. Die Entwicklung der Wassertemperatur durch die Ausbildung der Schichtung, der Sauerstoffgehalt des Rohwassers sowie der pH-Wert und die Mangankonzentration sind aus Abbildung 09 zu entnehmen.

Für die Jahre 2013/2014 ist die Temperaturentwicklung über den Jahresverlauf zu erkennen. Grund für die Schwankungen sind der Talsperrenstand sowie die meteorologischen und hydrologischen Unterschiede im jährlichen Wettergeschehen. So zeigt das Rohwasser in beiden Jahren die höchste Wassertemperatur Ende August/Anfang September. Die Umwälzung erfolgt so schon Ende August. In 2013 erreichte das Rohwasser am 09.09.2013 14,3°C, in 2014 am 25.08.2014 16,4 °C. Im Herbst wurde die 10 °C Marke im November (5.11.2013 und 17.11.2014) wieder unterschritten.

Die Daten des Rohwassers zeigen, dass der kleine Wasserkörper der Innerstetalsperre eine sehr frühe Umwälzung durchläuft und die Wassertemperaturen auch nach der Umwälzung noch ansteigen können. Der Wasserkörper hält die Maximal-Temperaturen im Sommer über mindestens einen Monat. Die stärkste Abkühlung erfolgt im Oktober. Die zugehörige Ganglinie der Sauerstoff-Konzentration zeigt ebenfalls die Unterschiede durch die Veränderung der Wassertemperaturen an. An der Innerstetalsperre ist das Minimum der Sauerstoff-Konzentration, das kurz vor der Umwälzung erreicht wird, durch sauerstoffzehrende Abbau-Prozesse im Wasserkörper und Sedimentoberfläche hervorgerufen.

So verringert sich die Sauerstoff-Sättigung vor der Umwälzung deutlich und liegt in 2013 bei 20% Sättigung (09.09.13 bei 2,1 mg/l Sauerstoff) und in 2014 bei 38% (18.08.2014 bei 3,8 mg/l Sauerstoff). Dieser Effekt geht auch mit den niedrigsten pH-Werte im Rohwasser im Jahresverlauf einher. Grund ist die bei den Abbauprozessen gebildete Kohlensäure, die zu einer pH Depression führt. Normalerweise liegen die pH-Werte der Innerstetalsperre im durchmischten Zustand bei 7,5. Vor der Umwälzung während der Schichtung werden pH-Werte zwischen 6,7 und 6,9 erreicht. Die Abbauprozesse führen so zu einer Sauerstoffzehrung mit pH-Depression und bilden die Grundlage für die Rücklösung von Mangan aus dem Sediment. Entsprechend des vorliegenden mesotrophen Trophiegrades der Talsperre und der starken Sauerstoffzehrung werden Mangankonzentrationen in der Spitze von 300 - 400 µg/l beobachtet. Gleichzeitig wird vor der Umwälzung Ammonium und Nitrit durch die Abbauprozesse gebildet. So können für einen begrenzten Zeitraum (3 Wochen) hohe Ammonium oder Nitritkonzentrationen auftreten. Die maximalen Ammonium-Konzentrationen liegen in 2013/2014 zwischen 100 und 140 µg/l noch auf einem typischen Niveau. Das Nitrit-Konzentrationsmaximum, das oft das Maximum nach den Ammoniumspitzen hat, liegt mit 150 □ 280 µg/l auf einem hohen Niveau.

Die Auswirkungen der dargestellten Parameter des Rohwassers auf den Unterlauf werden im Folgenden beschrieben.

4. Innerste Fließgewässer □ Längsschnitte im Gewässerverlauf

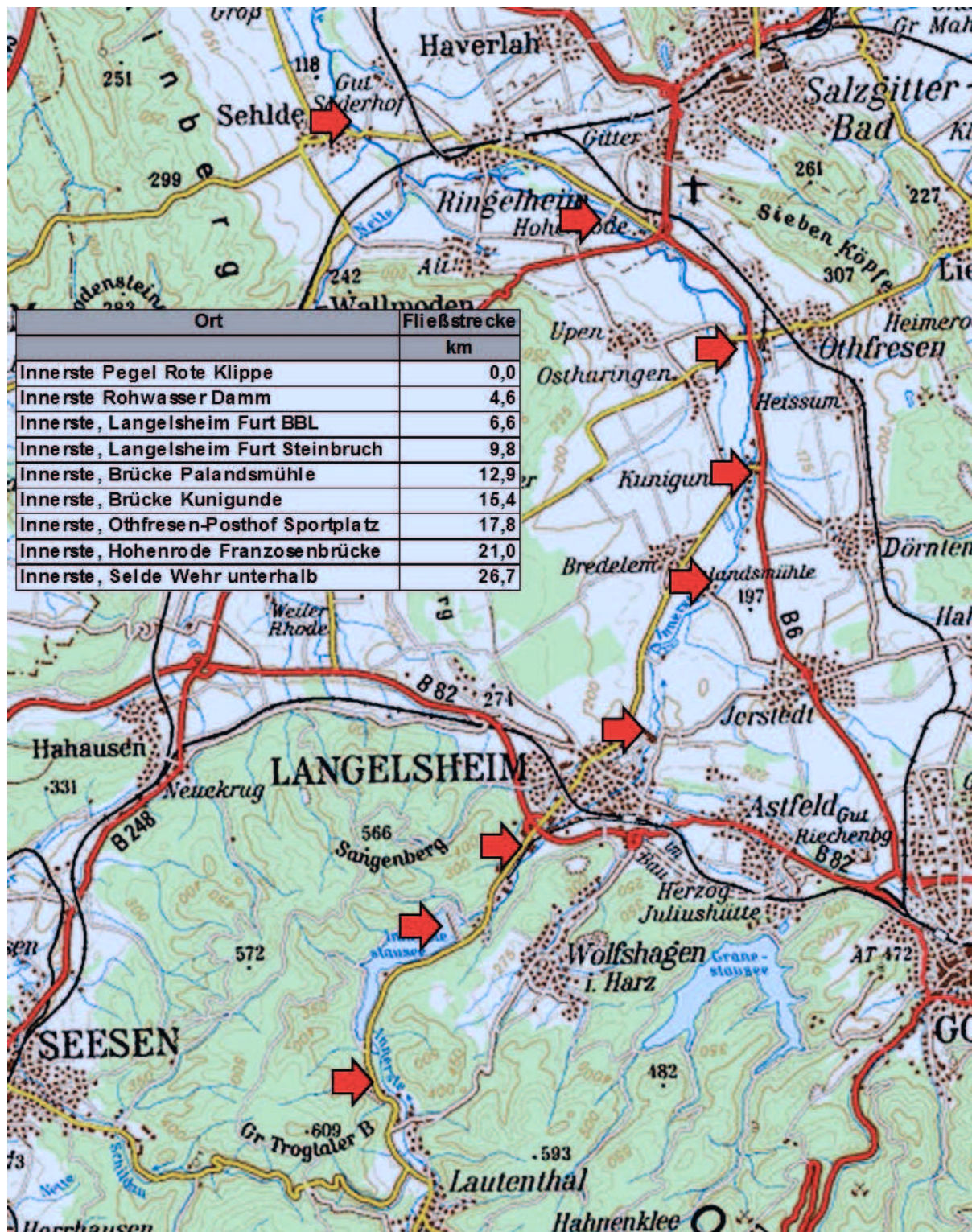


Abbildung 10: Probestellen der Längsschnitt-Untersuchungen an der Innerste.

Der Temperatureinfluß des aus der Innerstetalsperre abgegebenen Tiefenwassers auf das unterhalb liegende Fließgewässer ist überwiegend abhängig von der abgegebenen Wassermenge (untere Lamelle $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$), von dem recht kleinen Wasserkörper und von der

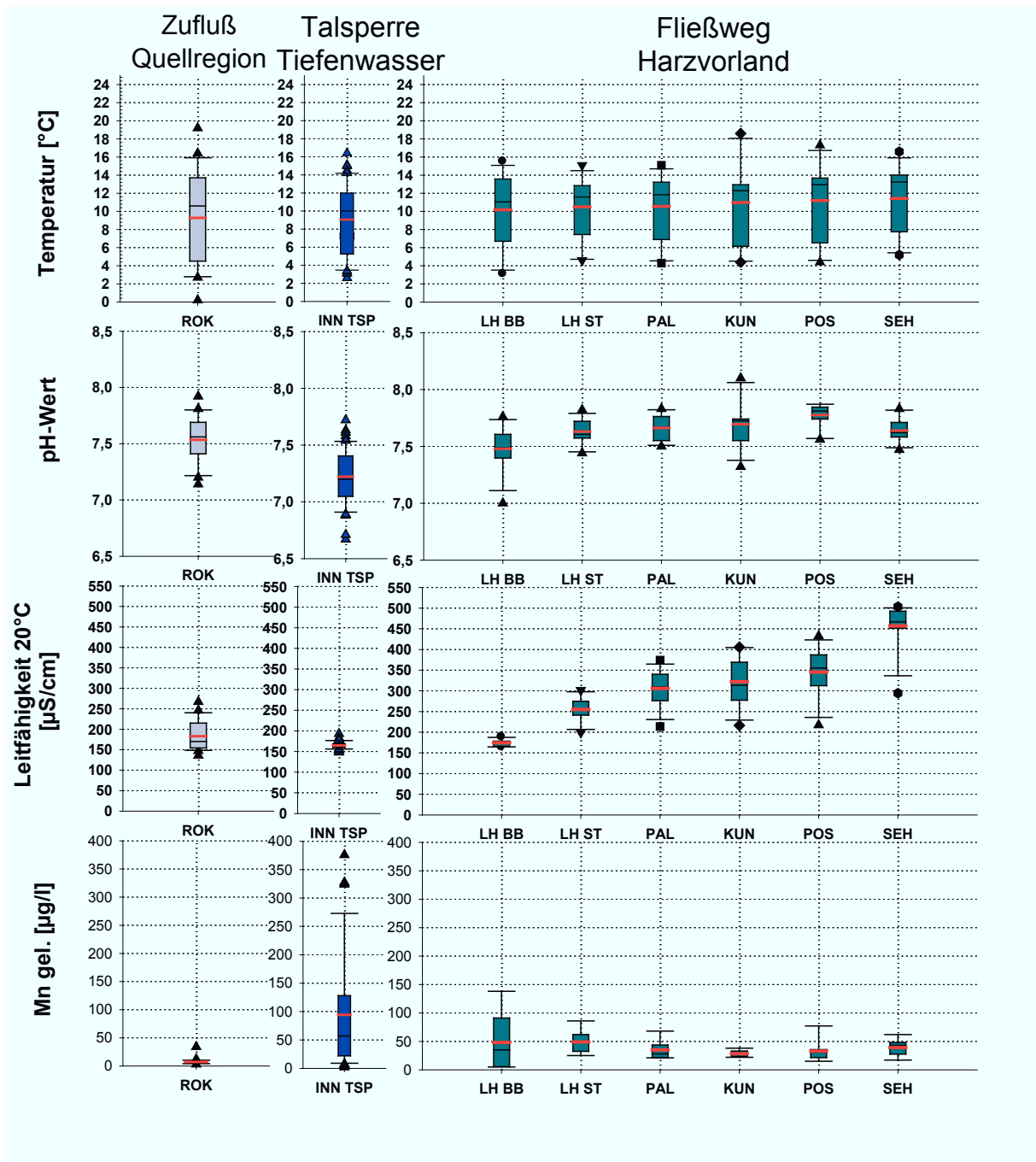


Abbildung 11: Innerste Fließgewässerlängsschnitt mit den Probenahmestellen Zufluß Innerste am Pegel Rothe Klippe (ROK), Innerstetalsperre Rohwasser (INN TSP); Fließweg Vorharz Langelsheim Furt BB (LHBB), Langelsheim Furt Steinbruch (LHST), Brücke Palandsmühle (PAL), Brücke Kunigunde (KUN), Posthof Sportplatz (POS) und Mühle Sehlde (SEH); Ergebnisse für ausgesuchte Wasserparameter dargestellt als Whisker-Box-Plots, Box-Werte 25 □ 75%, obere- und untere Grenze 10 und 90%, schwarzer Box-Strich Median-Wert, roter Box-Strich Mittelwert.

Jahreszeit. Die Unterschiede in der Rohwassertemperatur wurden im Abschnitt Rohwasser Innerste skizziert.

Um die Veränderungen, die die Ableitung von kaltem Tiefenwasser auf das Fließgewässer unterhalb haben zu quantifizieren, wurde die Innerste zwischen Zulauf Talsperre und Sehlde

nach dem Zufluß der Neile an 8 Messpunkten 12 mal innerhalb eines Jahres zwischen dem 24.06.2013 und dem 27.08.2014 beprobt, siehe Abbildung 10. Die Ergebnisse der Untersuchungen unterhalb der Innerstetalsperre lassen sich so zusammen mit den Verhältnissen im Zufluß und im Rohwasser der Talsperre bewerten.

4.1 Einfluß der Temperatur □ Vergleich Oberlauf Harz / Unterlauf Vorland

Die Temperaturansprüche der Fischarten die im Fließgewässerabschnitt zwischen Innerstetalsperre und Sehlde (Neilemündung) als Leitarten vorkommen wurden im Abschnitt 2.1 erläutert.

Die Innerste oberhalb der Talsperre liegt in der Forellenregion (Epi- und Metarhithral). Die Innerste unterhalb der Talsperre bis zum Einlauf der Grane wird als untere Forellenregion (Metarhithral) klassifiziert. Vom Zufluß der Grane, wo die Innerste den Harz verläßt und ins Harzvorland fließt, bis zum Zufluß der Neile vor Sehlde wurde die Innerste als Äschenregion eingeschätzt. Dementsprechend werden die Temperaturansprüche der Leitfischarten der zugeordneten Fließgewässerregion als Referenz zur Einschätzung des Zustandes genutzt.

Die Wassertemperaturen im Fließgewässer oberhalb der Innerstetalsperre (Forellenregion) können im Winter bei Niedrigwasser bis unter 1°C fallen. Typischerweise werden im Frühjahr (April-Mai) Temperaturen von 6 □ 12 °C entsprechend des vorliegenden Abflusses und den meteorologischen-Verhältnissen (Schneeschnmelze + Besonnung) beobachtet. Im Sommer (Juni bis September) können bei Niedrigwasser bei starker Sonneneinstrahlung durch die schnelle Aufheizung des dann flachen Gewässers Wassertemperaturen bis 19 °C auftreten. Dies sind Extremwerte, typischerweise steigt die Temperatur nicht über 15°C. Im Herbst nimmt die Wassertemperatur ab und liegt zwischen 4 und 8 °C, Ende November/Anfang Dezember oft um zwischen 4°C und 6°C. Die auftretenden Wassertemperaturen der Innerste am Pegel Rote Klippe entsprechen einem natürlichen Temperaturgang eines Mittelgebirgsbaches in der vorliegenden Höhenlage, siehe Abbildung 11. Bei den vorliegenden Wassertemperaturen in der Innerste am Pegel Rote Klippe sind die Temperaturpräferenzen von Bachforelle und Mühlkoppe und deren Entwicklungsstadien eingehalten.

Der Temperatureinfluß des aus der Innerstetalsperre abgegebenen Tiefenwassers auf das unterhalb liegende Fließgewässer ist stark abhängig von der abgegebenen Wassermenge und der Temperaturschichtung in der Talsperre und somit von der Jahreszeit. Die Einleitung von Kühlwasser unterhalb der Talsperre hat ebenfalls einen Einfluß auf die Wassertemperatur im Fließgewässerverlauf. Während die Wassertemperatur im Unterwasser im Winter durch den Talsperrenwasserkörper nur unwesentlich verändert wird, kann es im späten Frühjahr und im Sommer zu kälteren, im Spätsommer und Herbst nach der Umwälzung der Talsperre zu wärmeren Wassertemperaturen im Vergleich zum unbeeinflussten Zustand im Unterlauf kommen. Die Ergebnisse der Gewässerlängsschnitte zeigen im Frühjahr und Herbst Unterschiede in der Wassertemperatur von bis zu 3 °C zwischen Talsperrenzulauf und Unterlauf. Im Sommer muß die typischerweise frühe Umwälzung der Innerstetalsperre im August berücksichtigt werden. Sie führt im Tiefenwasser zu Temperaturen > 12 °C, die dann im August/September an den Unterlauf abgegeben werden.

Der Einfluß des Talsperrentiefenwassers ist im Sommer und Herbst bis zum Zufluß Grane (Untere Forellenregion) zu erkennen, siehe Abbildung 12. Rohwassertemperatur und die Wassertemperaturen in der Innerste bis zum Zufluß der Grane sind fast identisch. Damit lassen sich aus den Rohwasser-Temperaturwerten in etwa die Wassertemperaturen in der Unteren Forellenregion bis zum Zufluß Grane ableiten. Im Herbst fällt die Wassertemperatur schnell, so liegen Ende Oktober/Anfang November schon Temperaturen von <12°C auf dem Fließweg vor. Die Temperaturganglinie der Innerste und deren jahreszeitliche Veränderung

entspricht bis zum Zufluß Grane den Anforderungen für die Wassertemperatur für das Metarhithral. Insbesondere den Fischarten der unteren Forellenregion, der Bachforelle und der Mühlkoppe sagen die Temperatur-Verhältnisse und die daraus resultierenden Sauerstoffkonzentrationen während ihrer Laichzeit, für die Eientwicklung sowie für die Nahrungsaufnahme von Brut, Juvenilen und Adulten Fischen im Sommer zu.

Ab dem Zufluß der Grane in die Innerste verändert sich mit der Einschätzung des Gewässers als Äschenregion die Referenz der Wassertemperatur. Die Messstellen ab Furt Steinbruch Langelsheim bis Sehlde liegen somit in der Äschenregion. In Abbildung 11 und 12 sind die Wassertemperaturen an diesen Messstellen dargestellt. Im Herbst sind 10°C ab Anfang bis Mitte November unterschritten. Die Temperaturabnahme im Herbst hängt von der Größe des aufgeheizten Talsperrenwasserkörpers ab. Im Frühjahr zeigt sich eine starke Änderung der Wassertemperatur von 8 □ 10°C Mitte April über 11 □ 14 °C Mitte Mai auf 13 - 14 °C im Juni. In 2013 stieg die Wassertemperatur in der Äschenregion ab Zufluß Grane im Sommer auf 12 - 18 °C, in 2014 auf 14 □ 17 °C. Die vorliegenden Wassertemperaturen lassen eine Reproduktion der Äsche zu, da die Vorzugstemperatur für Eier und Brut (9 □ 14°C) im Mai erreicht wird. Die anschließende Wachstumsphase der juvenilen und adulten Äschen in der Äschenregion kann ebenfalls erfolgen, da auch hier die Vorzugstemperatur von 12 □ 18 °C erreicht wird.

Die Ableitungen im Unterlauf und die Stauhaltungen haben im Bereich Kunigunde und Posthof einen deutlich sichtbaren Einfluß auf die Wassertemperatur im Sommer. Dieser Einfluß ist an der Probenahmestelle Franzosenbrücke (Fließstrecke 21,0 km) nur noch gering.

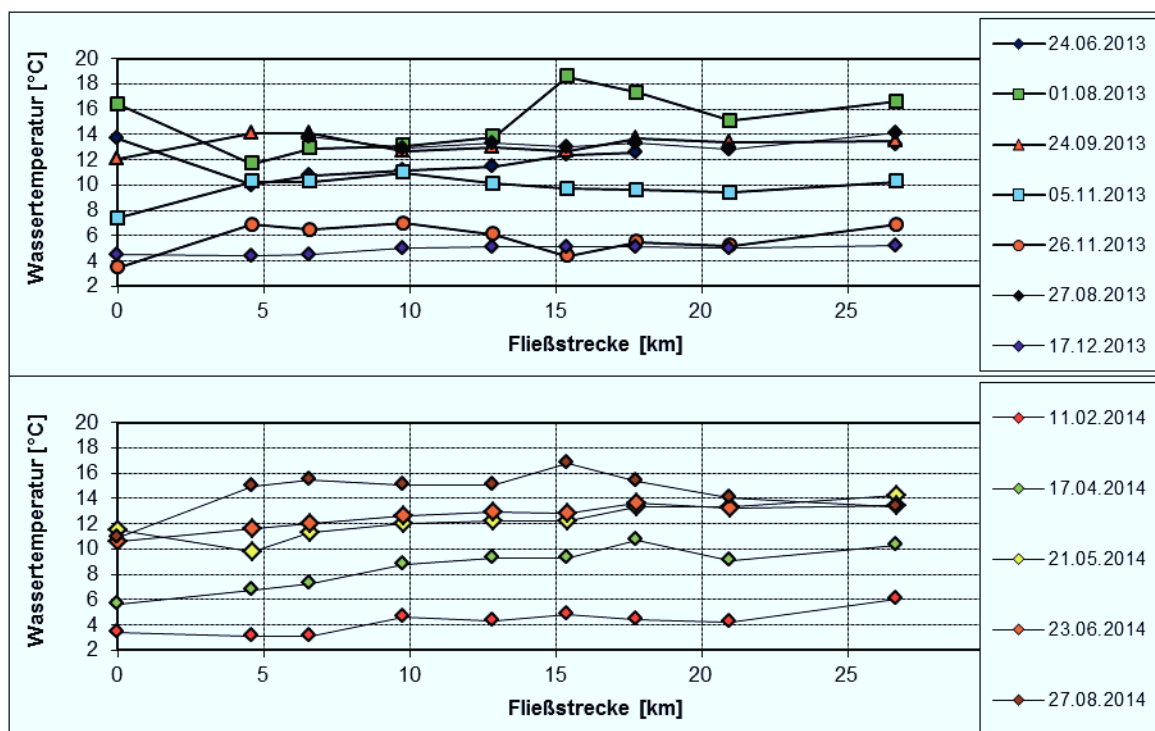


Abbildung 12: Entwicklung der Wassertemperatur auf dem Fließweg zwischen Pegel Rote Klippe, dem Rohwasser Innerstetalsperre (4,5 km) und Sehlde (28 km). Die Äschenregion beginnt bei Messstelle 4 (9,5 km) nach Zufluß der Grane. Der Einfluß der Stauhaltungen Kunigunde/Posthof Messstelle 6/7 (Fließstrecke 15,4 und 17,8) ist im August deutlich zu erkennen.

Um in der Äschenregion der Innerste einen Vergleich zwischen einer natürlichen und einer talsperrenbeeinflussten Ganglinie der Wassertemperatur zu erhalten, wurde die Neile (Pegel Altwalmoden) als Referenz genutzt. In Abbildung 13 sind die Wassertemperatur-Ganglinien der Innerste bei Hohenrode und die Neile dargestellt. Die Unterschiede in der Wassertemperatur sind mit $< 2^{\circ}\text{C}$ gering.

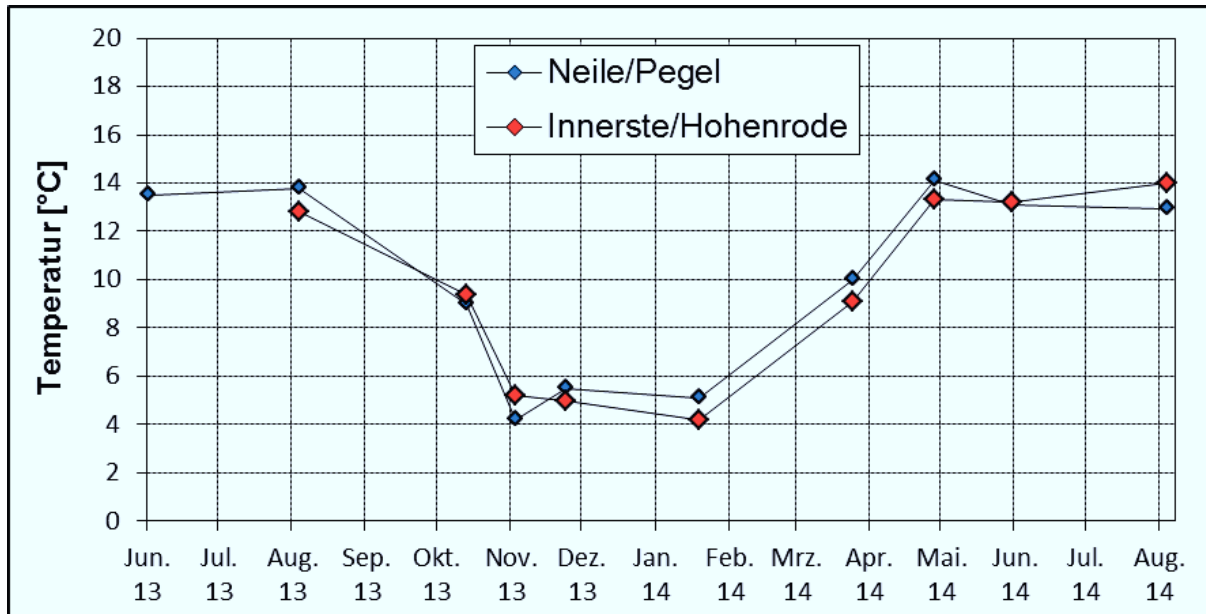


Abbildung 13: Vergleich der Wassertemperatur-Ganglinien zwischen einem natürlichen Gewässer (Neile) und der talsperrenbeeinflussten Innerste bei Hohenrode/Franzosenbrücke.

4.2 Auswirkung der Innerstetalsperre auf den Stofftransport aus dem Einzugsgebiet

Der Wasserkörper der Innerstetalsperre wirkt integrierend auf die gelösten Stoffausträge aus dem Einzugsgebiet. So wird die Stoffdynamik bzw. deren Konzentration im Innerste-Zufluss (Ionenzusammensetzung, Säure/Base-Reaktion (pH-Wert)) durch den Staukörper der Innerstetalsperre geglättet.

Talsperreninterne Abbauprozesse von Phytoplanktonbiomasse im Sommer führen zu Sauerstoffzehrung und Bildung von Ammonium und Nitrit. Die Veränderungen im Sauerstoffhaushalt führen auch zur Rücklösung von Mangan aus den Sedimentoberflächen.

Für partikuläre Stoffe wie Geschiebe, mineralische Trübstoffe, an Partikel adsorbierte Schwermetalle, partikuläres organisches Material (POM) und Plankton wirkt der Talsperrenwasserkörper als Sedimentationsraum. Das partikuläre Material unterliegt somit der Sedimentation und damit der Anreicherung im Sediment der Talsperre. Der Transport von partikulärem Material in den Unterlauf wird somit durch die Talsperre unterbrochen bzw. verringert.

In Abbildung 11 ist die Veränderung des pH-Wertes, der Leitfähigkeit (Summe der Ionen) und der Mangankonzentration zwischen Quellbereich und Unterlauf dargestellt. Der vergleichmäßigende Einfluß der Talsperre ist in der Grafik deutlich zu erkennen. Die Wasserparameter werden im weiteren Fließgewässerverlauf beim Verlassen des Harzes und

Eintritt in das Vorland (Langelsheim Furt Steinbruch) durch die geänderte Geologie (kalkhaltige Gesteine) aber auch durch Einleitungen von Kläranlagen (Probenahmestelle Paldansmühle) verändert. Deutlich wird der Anstieg im Ionengehalt und pH-Wert (Veränderung der Geologie). Mit dem pH-Wert steigt auch die Pufferfähigkeit des Wassers und die Härte deutlich an.

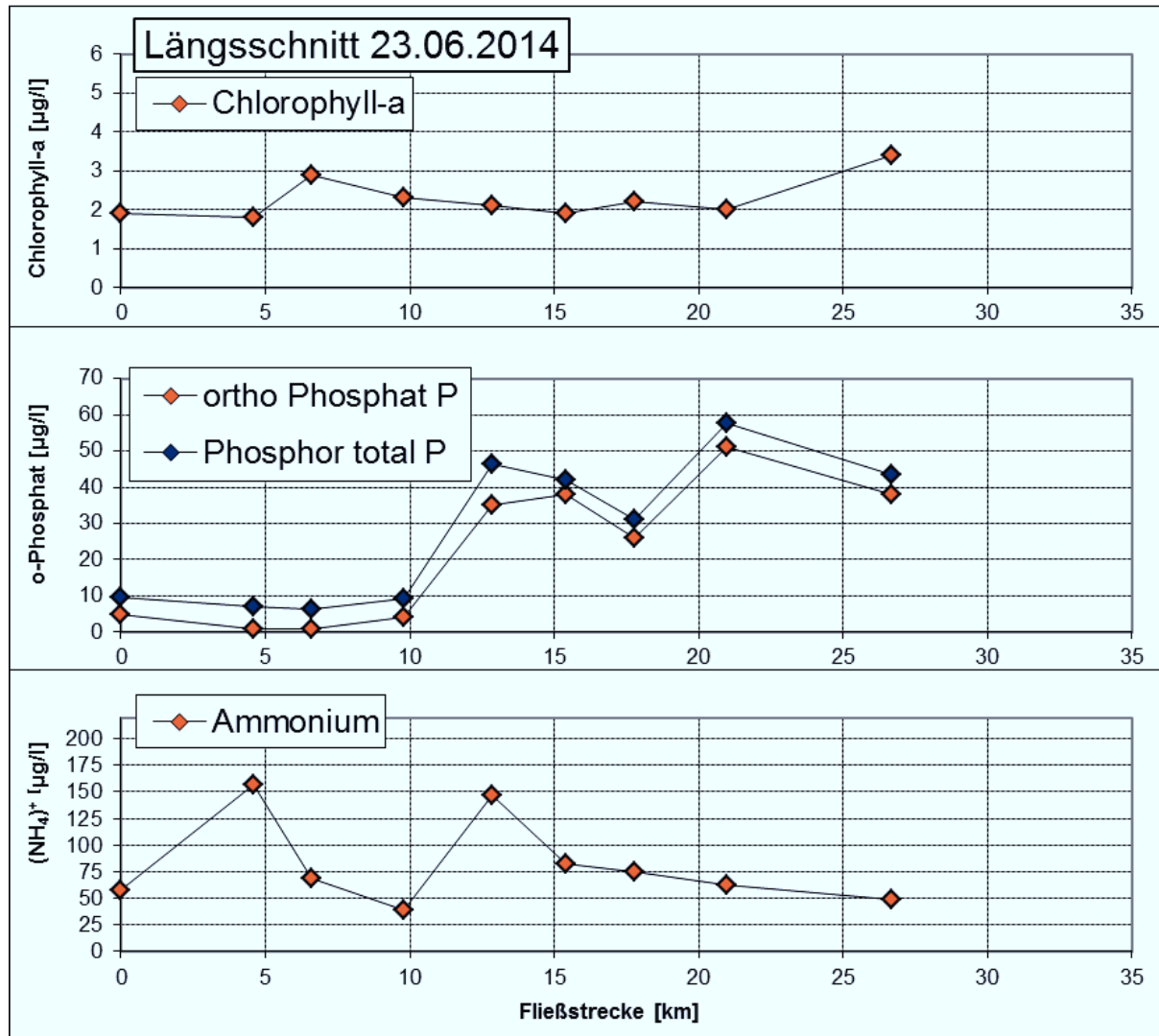


Abbildung 14: Einfluß der Planktonverfrachtung in den Unterlauf der Innerste. Chlorophyll-a als Indikator für das Phytoplankton, Phosphat-Konzentration als Anzeiger für die Nährstoff-Situation, Ammonium als Anzeiger für interne Prozesse des Tiefenwassers. Rohwasser bei 4,5 km Fließstrecke. Daten vom 23.06.2014.

Der Einfluß von Planktonverfrachtung aus der Innerstetalsperre auf den Unterlauf wurde beim Längsschnitt vom 23.06.2014 untersucht und ist in Abbildung 14 zu erkennen.

Die als Indikator für das Phytoplankton genutzte Chlorophyll-a-Konzentration zeigt, dass der mesotrophe Talsperrenwasserkörper im Juni schon während der Sommerstagnation Phytoplankton in den Unterlauf abgibt. Im weiteren Verlauf der Innerste zeigt sich eine konstante Chlorophyll-a Konzentration von etwa 2 $\mu\text{g/l}$. Ein Wert, der recht niedrig ist, wenn der Anstieg der Nährstoff-Konzentration (o-Phosphat) sowie der Anstieg der Ammoniumkonzentration nach dem Kläranlageneinlauf vor Paldansmühle (Fließstrecke 12,9

km) berücksichtigt wird. Das durch den Talsperrenwasserkörper an den Unterlauf abgegebene Ammonium wird aufgrund der schnell wieder vorliegenden Sauerstoffsättigung, siehe Abbildung 15, zwischen der Talsperre bis Langelsheim Furt BBL (Fließstrecke 6,6 km) weitgehend abgebaut. Dieser Effekt wird auch bei der Manganganglinie beobachtet, siehe Abbildung 16.

Aus der Innerstetalsperre sind Planktonverfrachtungen zwischen 1 und 10 µg/l Chlorophyll-a (0,1 bis 2,5 mg/l Phytoplankton-Biomasse) über den Jahresverlauf möglich. Mit Phytoplankton-Spitzen im Rohwasser ist im März/April (Frühjahrsentwicklung der Kieselalgen) und während der Umwälzung des Talsperrenwasserkörpers im Juli/August zu rechnen. Das Phytoplankton der Innerstetalsperre ist durch Kieselalgen (Diatomeen) dominiert, allerdings können im Sommer auch andere Algenformen wie Chrysophyceen (Dinobryon sp.) in hohen Abundanzen auftreten. Die hier zugrundeliegenden Daten stammen aus der Talsperrenbeprobung nach WRRL von 2014 und beschreiben die Innerstetalsperre während eines kühlen Sommers mit normalem Wasserzulauf. Die Trophiebewertung in 2014 liegt im mesotrophen Bereich (mesotroph LAWA-Index 2,2).

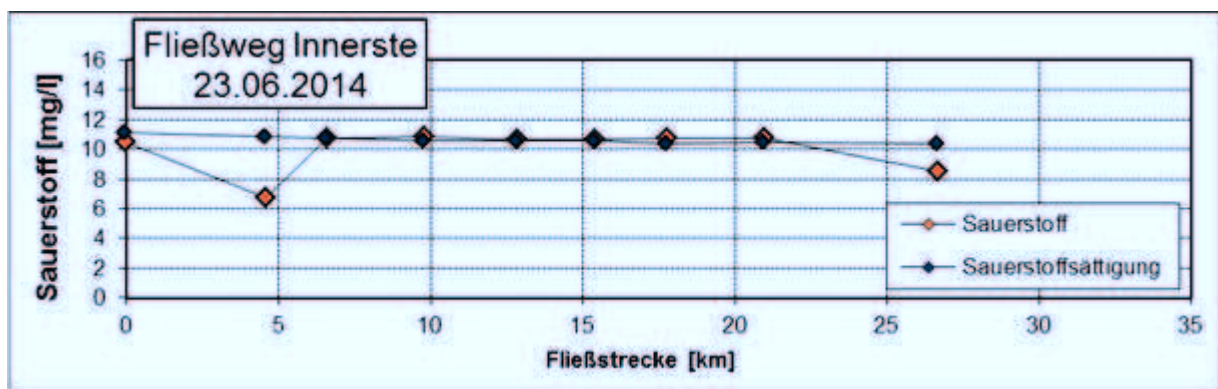


Abbildung 15: Veränderung der Sauerstoff-Konzentration über den Fließweg Innerste. Das Sauerstoffdefizit des Rohwassers (62% Sättigung) ist nach 2 km Fließweg (Furt BBL Langelsheim 6,6 km Fließstrecke) durch die turbulente Strömung und den atmosphärischen Austausch im Fließgewässer wieder im Sättigungsbereich.

Die verfrachtete Phytoplanktonbiomasse hat nur geringe Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt im Unterlauf. Im Längsschnitt vom 23.06.2014, siehe Abbildung 14, ist der Einfluss nur gering, was auch durch den schnellen Abbau von Ammonium zu erkennen ist. Die turbulente Strömung im Fließgewässer führt sehr kurzfristig zu einem Gasaustausch und damit wieder zu einer hohen Sauerstoff-Sättigung, die die Abbauprozesse beschleunigt.

Die im Tiefenwasser der Innerstetalsperre (Hypolimnion) auftretenden sauerstoffzehrenden Abbauprozesse führen zu einer Rücklösung von Mangan aus dem Sediment. Die Mangankonzentrationen steigen oft erst unmittelbar vor der Umwälzung des Innerste-Wasserkörpers im Sommer deutlich an. Das gelöste Mangan wird in dieser Zeit in den Unterlauf verfrachtet. In Abbildung 16 sind die erhöhten Mangankonzentrationen im August und September gut zu erkennen. Die Mangankonzentration nimmt unterhalb der Talsperre bis zur Probenahmestelle Langelsheim Furt BBL (Fließstrecke 6,6 km) deutlich ab. Das Konzentrationsniveau bleibt auf dem folgenden Fließweg < 100 µg/l gelöstes Mangan. Insgesamt zeigt sich, dass auf dem Fließweg zur Messstelle Furt BBL (6,6 km Fließstrecke), durch das schnelle Erreichen der Sauerstoffsättigung die Ammonium/Nitrit und Mangan-Konzentrationen durch Abbau und Sedimentation/Adsorption aus dem Wasser entfernt werden.

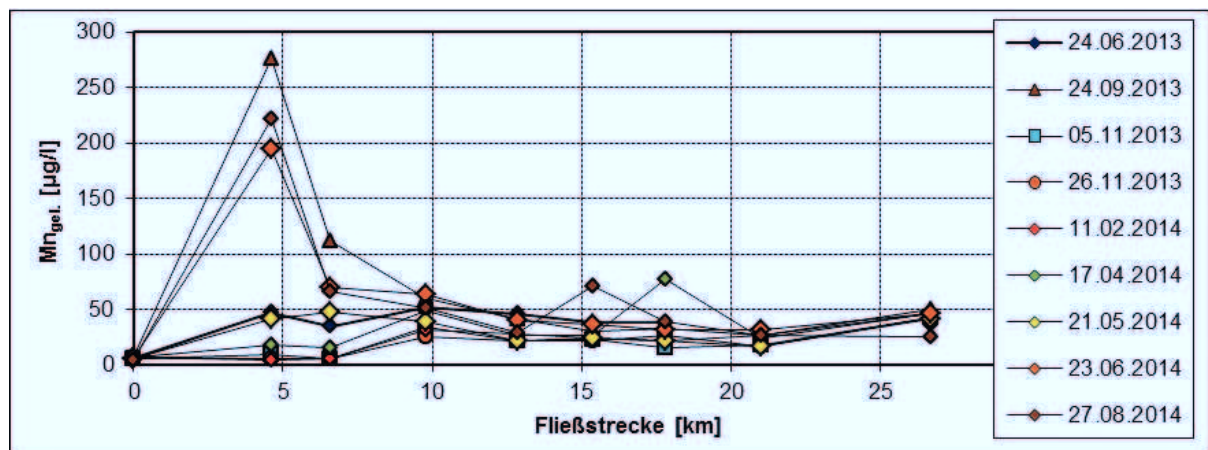


Abbildung 16: Ganglinie Mangan gelöst auf dem Fließweg Innerste Rothe Klippe, Innerste Rohwasser (4,5 km) bis Sehlde. Die schnelle Verringerung der Mangankonzentration auf dem Fließweg ist zu erkennen.

5. Granetalsperre

Die Granetalsperre ist mit einem Vollstau von 311,0 m üNN. und 46,39 Mio. m³ die einzige direkte Trinkwassertalsperre im Nordharz-Verbundsystem. Die Bewirtschaftung der Granetalsperre hat das Ziel, einen möglichst hohen Stauinhalt und geringe Pegelschwankungen zu erreichen und damit eine möglichst hohe Wasserqualität über den Jahresverlauf sicher zu stellen. Durch die Überleitung von Wasser aus der Oker- und aus der Innerstetalsperre sowie aus den Einzugsgebieten Radau, Romke und Gose wächst das natürliche Einzugsgebiet von Grane und Varley von 22 km² künstlich auf bis zu 205 km² an. Für die Bereitstellung von Rohwasser für die Trinkwasserversorgung in ausreichender Menge ist die Granetalsperre auf die Überleitung aus der Oker- und Innerstetalsperre angewiesen, die zum überwiegenden Teil aus Hochwasserabflüssen generiert wird.

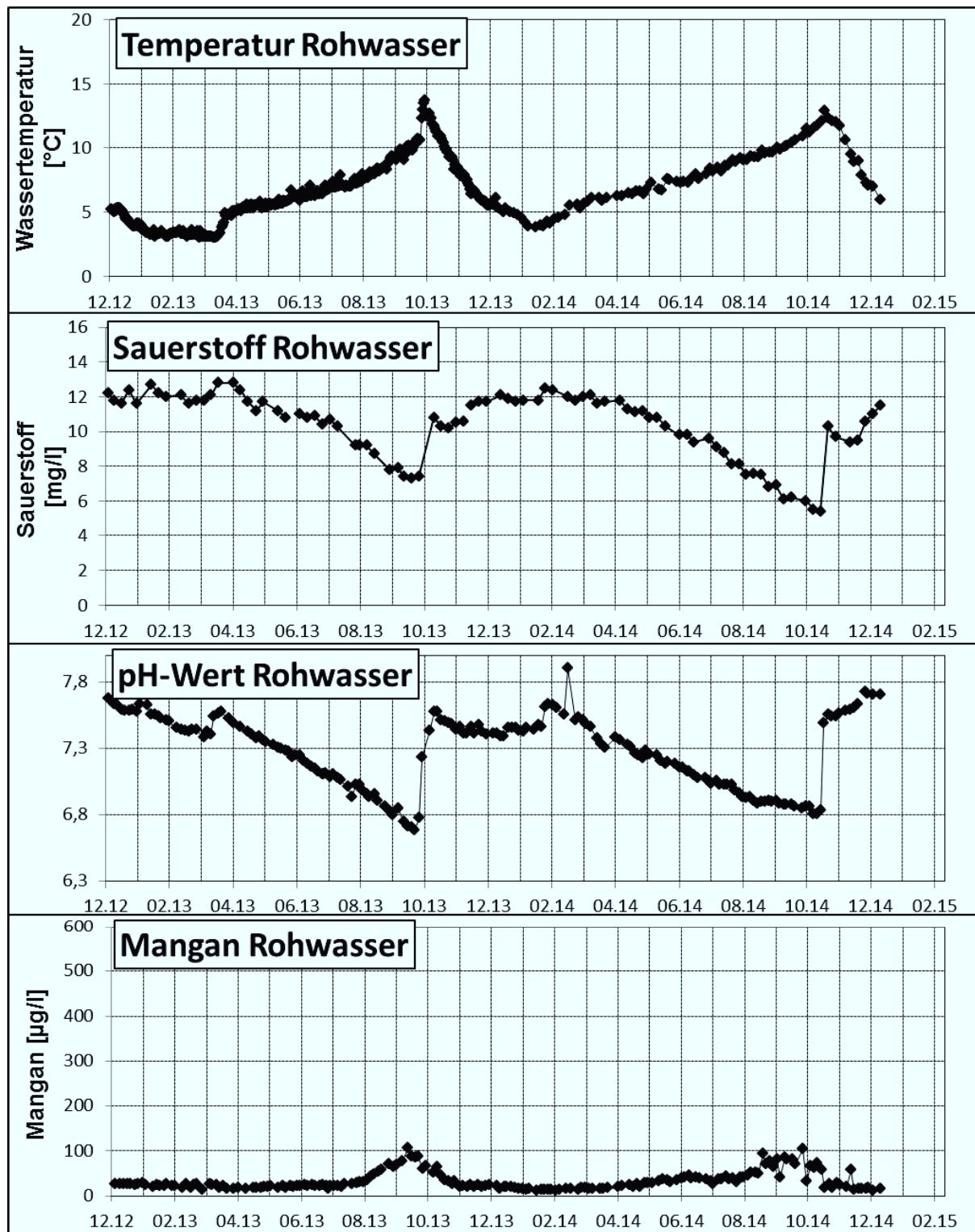


Abbildung 17: Entwicklung der Wassertemperatur, des Sauerstoffgehaltes, des pH-Wertes und der Mangankonzentration in der Granetalsperre in 2013/2014.

Aus dem natürlichen Einzugsgebiet der Granetalsperre fließt ein elektrolytarmes, weiches, pH-neutrales und nährstoffarmes Wasser der Talsperre zu. Die zugeleiteten Wässer aus der Okertalsperre sind ebenfalls elektrolytarme, weiche Wässer, besitzen aber einen etwas niedrigeren pH-Wert und deutlich höhere Huminstoffkonzentrationen. Das übergeleitete Wasser der Innerstetalsperre besitzt ähnliche pH-Werte, Härte und Elektrolytgehalte wie die

Granetalsperre, weist aber eine deutlich höhere Nährstoff-Konzentration mit einer dementsprechenden Phytoplankton-Biomasse auf.

Das Wasser der Granetalsperre ist somit ein Mischwasser aus den Wässern des eigenen Einzugsgebietes und den übergeleiteten Wässern, was zu einem weiterhin elektrolytarmen ($13 \div 18$ mS/m), weichen (4°dH), pH-neutralen ($6,8 \div 7,8$), mäßig gepufferten ($0,5$ mmol/l) und nährstoffarmen (oligotroph) Wasser führt. Die Phytoplanktonentwicklung ist vom geringen Nährstoffgehalt abhängig und mit $0,1$ bis $1,5$ mg/l Biomasse typisch für eine oligotrophe Talsperre. Durch die Ausbildung der Temperatur-Schichtung im Sommer wird an das Unterwasser deutlich weniger Phytoplankton-Biomasse abgegeben ($0,1 \div 0,4$ mg/l).

Die Wassertemperatur des Wasserkörpers der Granetalsperre unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen. Der vorliegende dimiktische Schichtungstyp mit Frühjahrs- und Herbstvollzirkulation sowie Winter- bzw. Sommerschichtung ist typisch für mitteleuropäische Talsperren. Die während des Sommers auftretenden Wasserschichten, das warme oberflächennahe Epilimnion und die kalte Tiefenschicht, das Hypolimnion beeinflussen den Stofftransport im Wasserkörper. So unterbindet die Schichtung des tiefen Wasserkörpers im Sommer weitgehend einen Austausch von Plankton-Biomasse.

Die Entnahme des Rohwassers der Granetalsperre erfolgt ausschließlich aus dem Tiefenwasser und wird zur Unterwasserabgabe genutzt. Dementsprechend liegt die Wassertemperatur des Rohwassers zwischen Ausbildung der Temperaturschichtung Mitte Mai bis zur Umwälzung des Wasserkörpers im Oktober zwischen 6 und 12°C . Wassertemperaturen oberhalb von 10°C werden erst kurz vor der Umwälzung erreicht. Da der Wasserkörper der Granetalsperre über den Jahresverlauf möglichst konstant gehalten wird, tritt die Umwälzung recht konstant Mitte bis Ende Oktober auf.

5.1 Rohwasser Granetalsperre

Das Tiefenwasser der Granetalsperre wird zur Abgabe an den Unterlauf genutzt. Die Entwicklung der Wassertemperatur durch die Ausbildung der Schichtung, der Sauerstoffgehalt des Rohwassers sowie der pH-Wert und die Mangankonzentration in 2013/2014 sind der Abbildung 17 zu entnehmen. Durch den großen Wasserkörper und die stabile Schichtung zeigt das Rohwasser in beiden Jahren die höchste Wassertemperatur Mitte bis Ende Oktober direkt nach der Umwälzung. In 2013 erreichte das Rohwasser Wassertemperaturen von $13,5^\circ\text{C}$ am 23.10.2013 und in 2014 von $12,9^\circ\text{C}$ am 06.11.2014. Die 10°C Marke wird Mitte bis Ende November (13.11.2013 und 30.11.2014) wieder unterschritten. Im Sommer zwischen der Ausbildung der Schichtung im Juni und der Umwälzung im Oktober werden Wassertemperaturen von $6 \div 12^\circ\text{C}$ erreicht. Die zugehörige Ganglinie der Sauerstoff-Konzentration zeigt an der Granetalsperre im Sommer und Herbst sauerstoffzehrende Prozesse im Tiefenwasser (Hypolimnion), die kurz vor der Umwälzung die maximale Zehrung erreichen. Hervorgerufen wird die Sauerstoffzehrung durch Abbauprozesse, die aufgrund der vorliegenden niedrigen Trophielage der Talsperre nur gering sind. Das Jahr 2014 skizziert dabei ein auffälliges Jahr, da aufgrund des geringen Wasserstandes an der Granetalsperre (Untersuchungen an der Dammdichtung 2013) und dem ebenfalls geringen Wasserstand an der Okertalsperre im Winter 2013 und Frühjahr 2014 die Überleitung von der Innerstetalsperre (Nährstoffeintrag) verstärkt genutzt wurde. Aus diesem Grund wurde in 2014 (27.10.14, $5,5$ mg/l O_2 , $11,6^\circ\text{C}$, 51% Sättigung) eine geringere Sauerstoffsättigung vor der Umwälzung als in 2013 (14.10.13) gemessen.

Der Effekt der Sauerstoffzehrung führt auch zu den niedrigsten pH-Werten ($6,7 \div 6,8$) im Rohwasser im Jahresverlauf. Grund ist die bei den Abbauprozessen gebildete Kohlensäure, die zu einer pH Depression führt. Die vorliegenden pH-Werte vor der Umwälzung sind typisch für die Granetalsperre. Die Abbauprozesse und die Sauerstoffzehrung mit pH-Depression bilden so die Grundlage für die Rücklösung von Mangan aus dem Sediment.

Entsprechend des vorliegenden oligotrophen Trophiegrades der Talsperre und der mäßigen Sauerstoffzehrung werden Mangankonzentrationen in 2013/2014 in der Spitze von 80 - 100 µg/l beobachtet. Unauffällige Werte liegen im Untersuchungszeitraum ebenfalls bei Ammonium und Nitrit (<50 µg/l) vor.

Die Auswirkungen der dargestellten Parameter des Rohwassers auf den Unterlauf werden im Folgenden beschrieben.

6. Grane Fließgewässer □ Längsschnitte im Gewässerverlauf

Auf dem Fließweg vom Grane Rohwasser in die Innerste wurde der Abfluß Hüttenteich direkt unterhalb der Talsperre und der Einlauf in die Innerste (Straßenbrücke Firma Rümenapp) untersucht. Um die Veränderung, die die Ableitung von kaltem Tiefenwasser auf das Fließgewässer hat, zu quantifizieren, wurde die Grane zwischen Rohwasser Talsperre und Zufluß Innerste an 3 Messpunkten 12 mal innerhalb eines Jahres zwischen dem 24.06.2013 und dem 27.08.2014 untersucht. Der direkt vom Rohwasser gespeiste flache Hüttenteich (max. Tiefe 2,5 m) hat einen deutlichen Einfluß auf die Wasserqualität, der berücksichtigt werden muss. Grund ist der geringe Durchfluß von maximal 150 l/s durch den flachen und großen Teich (1,7 ha).

6.1 Einfluß der Temperatur auf den Grane-Unterlauf

Die Grane oberhalb der Talsperre liegt in der oberen Forellenregion (Epirhithral). Die Grane unterhalb der Talsperre bis zum Einlauf in die Innerste wird ebenfalls als obere Forellenregion klassifiziert. Dementsprechend werden die Temperaturansprüche der Leitfischart Bachforelle der Fließgewässerregion als Referenz zur Einschätzung des Zustandes genutzt. Die Temperaturansprüche der Fischarten, die im Fließgewässerabschnitt zwischen Granetalsperre und Mündung in die Innerste als Leitarten vorkommen, sind im Abschnitt 2.1 besprochen worden.

Die Wassertemperaturen im Fließgewässer Grane oberhalb der Granetalsperre können im Winter bei Niedrigwasser bis in den März unter 1°C fallen. Typischerweise werden im Frühjahr (April-Mai) Temperaturen von 6 □ 8 °C entsprechend des vorliegenden Abflusses und den meteorologischen-Verhältnissen (Schneesmelze + Besonnung) beobachtet. Im Sommer (Juni bis September) können bei Niedrigwasser und bei starker Sonneneinstrahlung durch die schnelle Aufheizung des dann flachen Gewässers Wassertemperaturen bis 17 °C auftreten. Dies sind seltene Extremwerte, typischerweise steigt die Temperatur in der Grane nicht über 14 - 15°C. Im Herbst nimmt die Wassertemperatur ab und liegt zwischen 4 und 8 °C, Ende November/Anfang Dezember oft zwischen 4°C und 6°C. Die auftretenden Wassertemperaturen der Grane oberhalb der Talsperre entsprechen einem natürlichen Temperaturgang eines Mittelgebirgsbaches in der vorliegenden Höhenlage. Bei den vorliegenden Wassertemperaturen sind die Temperaturpräferenzen von Bachforelle und Mühlkoppe und deren Entwicklungsstadien, die beide dort in gesicherten Populationen vorkommen, eingehalten.

Der Einfluss des aus der Granetalsperre abgegebenen Tiefenwassers auf die Temperatur des unterhalb liegenden Fließgewässers ist stark abhängig von der abgegebenen Wassermenge, der jahreszeitlichen Temperaturschichtung in der Talsperre und des ausgleichenden Einflusses durch den Hüttenteich direkt unterhalb der Granetalsperre. Während die Wassertemperatur im Unterwasser im Winter durch den Talsperrenwasserkörper nur unwesentlich verändert wird, kann es im späten Frühjahr und im Sommer zu kälteren Wassertemperaturen kommen. Der Einfluß des kalten Rohwassers im Sommer wird durch die Aufheizung des Wassers im Hüttenteich abgepuffert, siehe Abbildung 18.

Im Spätsommer und Herbst nach der Umwälzung der Talsperre kommt es zu wärmeren Wassertemperaturen im Vergleich zum unbeeinflussten Zustand im Unterlauf. Die Ergebnisse der Gewässerlängsschnitte zeigen im Frühjahr und Herbst kaum Unterschiede zwischen dem Auslauf Hüttenteich und dem Zufluß der Grane zur Innerste.

Die hier gemessene Temperaturganglinie der Grane und deren jahreszeitliche Veränderung unterhalb der Talsperre bis in die Innerste entspricht den Anforderungen für die Wassertemperatur des Epirhithrals. Insbesondere den Fischarten der unteren Forellenregion, der Bachforelle und der Mühlkoppe sagen die Temperatur-Verhältnisse und die daraus resultierenden Sauerstoffkonzentrationen während ihrer Laichzeit für die Eientwicklung sowie für die Nahrungsaufnahme von Brut, juvenilen und adulten Fischen im Sommer und Herbst zu. So wird das Temperaturoptimum für die Bachforelle im Sommer von 10 -18°C, für die Laichzeit < 12°C und für die Eientwicklung im Winter/Frühjahr von 4 - 8°C erreicht. Gleichzeitig liegen die Werte auf dem Niveau des Zuflusses der Grane in die Talsperre. Allerdings gibt es keine Wärmephasen durch Niedrigwasser mit Wassertemperaturen > 15°C, solche Zustände kommen im Grane Unterlauf praktisch nicht vor.

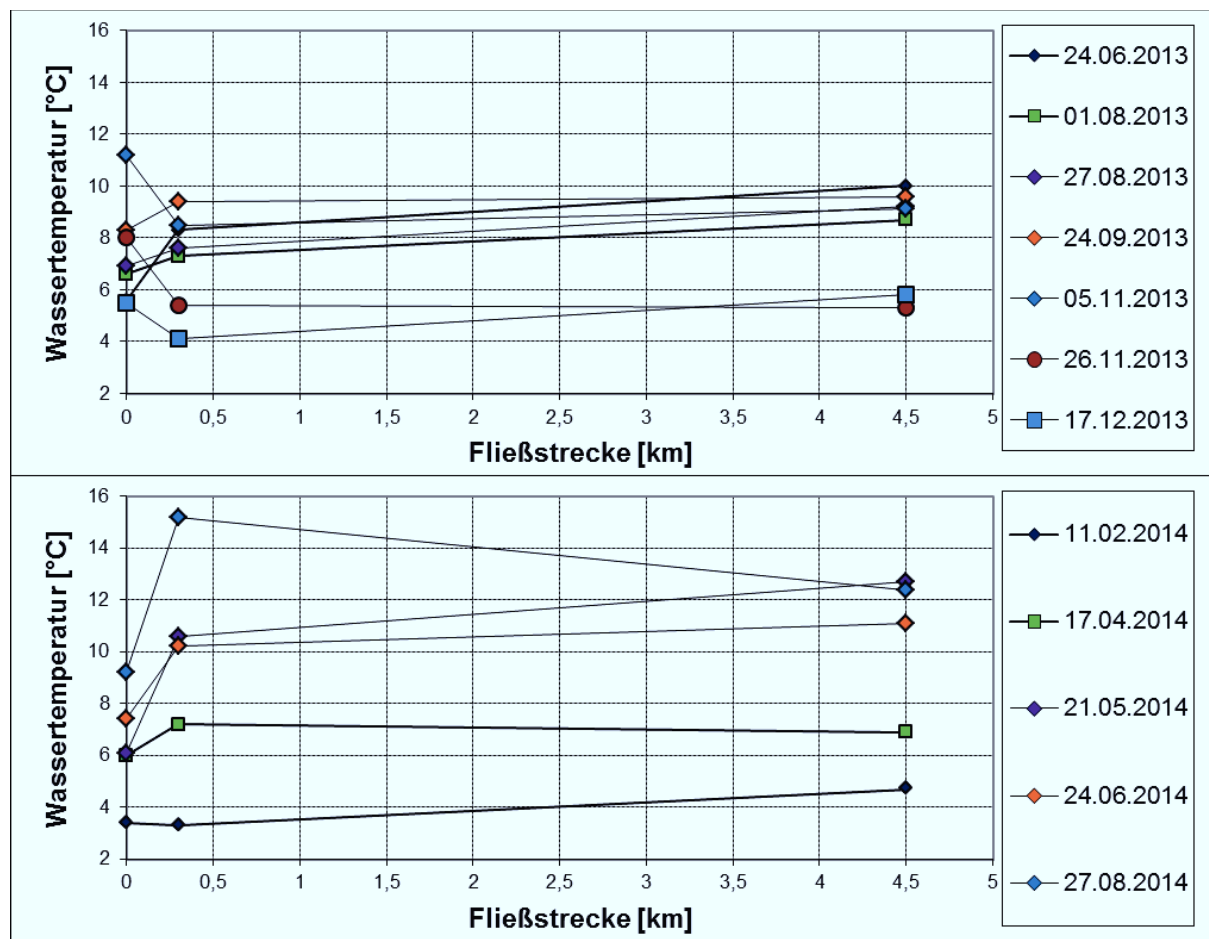


Abbildung 18: Fließweg der Grane vom Rohwasser über den Ablauf Hüttenteich (0,3 km Fließweg) bis zum Einlauf in die Innerste. Zulauf der Tölle bei 3,75 km Fließweg. Der Einfluss des Hüttenteichs ist deutlich zu erkennen.

6.2 Auswirkung der Granetalsperre auf den Stofftransport aus dem Einzugsgebiet

Der Wasserkörper der Granetalsperre wirkt integrierend auf die gelösten Stoffausträge aus dem Einzugsgebiet und den Überleitungen von der Okertalsperre, der Gose, Radau und Romke sowie der Innerstetalsperre. So wird die Konzentration von gelösten Wasserinhaltsstoffen aus den übergeleiteten Wässern durch die Talsperre (Ionenzusammensetzung, der Säure/Base-Reaktion (pH-Wert)) bei Abgabe an den Unterlauf geglättet.

Für partikuläre Stoffe wie Geschiebe, mineralische Trübstoffe, an Partikel adsorbierte Schwermetalle, partikuläres organisches Material (POM) und Plankton wirkt der Talsperrenwasserkörper als Sedimentationsraum. Da der überwiegende Teil des übergeleiteten Wassers schon aus Talsperrenwasserkörpern stammt, in denen Sedimentation und biologischer Abbau stattgefunden hat, sind die Sedimentationsprozesse an der Granetalsperre geringer als an Talsperren mit starkem direktem Zuflussgeschehen. Der Stofftransport in den Unterlauf wird durch die Granetalsperre unterbrochen bzw. verringert.

Grane Rohwasser		11.02.2014	08.04.2014	13.05.2014	23.06.2014	28.07.2014
pH		7,55	7,40	7,42	7,24	7,02
Leitfähigkeit 25°C	mS/m	15,30	15,10	15,40	14,80	14,70
Mangan	µg/l	4	4	2	3	21
Säurekapazität pH _{4,3}	mmol/l	0,58	0,59	0,56	0,58	0,59
Grane Zulauf in Innerste		11.02.2014	17.04.2014	21.05.2014	23.06.2014	28.07.2014
pH		7,50	7,45	7,59	7,57	7,68
Leitfähigkeit 25°C	mS/m	47,60	44,60	45,00	38,10	60,40
Mangan	µg/l	141	168	94	129	128
Säurekapazität pH _{4,3}	mmol/l	1,28	1,11	1,29	1,48	1,74

Tabelle 02: Veränderung der Wasserqualität in 2014 auf dem Fließgewässerverlauf vom Rohwasser Granetalsperre zum Zulauf Innerste nach 4,5 km Fließweg.

Die Veränderung des pH-Wertes, der Leitfähigkeit (Summe der Ionen) und der Mangankonzentration sowie der Pufferung zwischen Rohwasser und Unterlauf sind in Tabelle 02 exemplarisch dargestellt. Die Wasserparameter werden im weiteren Fließgewässerverlauf beim Verlassen des Harzes und Eintritt in das Vorland (Langelsheim) durch die geänderte Geologie (kalkhaltige Gesteine), aber auch durch Einleitungen verändert. Die Änderung in der Geologie wird durch den Anstieg des Ionengehaltes, des pH-Wert und der Pufferfähigkeit sowie der Härte (8 □ 10 °dH) deutlich.

Der Einfluß von Planktonverfrachtung aus der Granetalsperre auf den Unterlauf wurde im Juni/Juli 2014 untersucht. Es wurden Chlorophyll-a Konzentrationen im Tiefenwasser der Granetalsperre von 0,2 - 0,8 µg/l, am Zulauf Innerste von 2 µg/l gemessen.

Die als Indikator für das Phytoplankton genutzte Chlorophyll-a-Konzentration zeigt, dass der oligotrophe Talsperrenwasserkörper während der Sommerstagnation keine nennenswerten Mengen an Phytoplankton in den Unterlauf abgibt. Im weiteren Verlauf der Grane zeigt sich eine Chlorophyll-a Konzentration von etwa 2 µg/l, die mit leicht erhöhten Nährstoff-Konzentrationen (Phosphor gesamt 12 µg/l, ortho-Phosphat 7 µg/l) einher geht. Ein Wert der

recht niedrig ist, bei dem der leichte Anstieg der Nährstoff-Konzentration berücksichtigt werden muss.

Aus der Granetalsperre sind Planktonverfrachtungen zwischen 1 und 5 µg/l Chlorophyll-a (0,1 bis 1,5 mg/l Phytoplankton-Biomasse) über den Jahresverlauf möglich. Mit einer deutlichen Phytoplankton-Entwicklung im Rohwasser ist im März/April (Frühjahrsentwicklung der Kieselalgen) und während der Umwälzung des Talsperrenwasserkörpers im Oktober zu rechnen. Während der Sommerstagnation gehen die Chlorophyll-a Gehalte durch die Schichtung im Tiefenwasser und damit im Rohwasser stark zurück, im Winter ist aufgrund der Lichtlimitierung nur mit geringem Phytoplanktonwachstum zu rechnen. Die hier zugrundeliegenden Daten stammen aus der Talsperrenbeprobung nach WRRL von 2011 und den rotinemäßigen Tiefenschnittuntersuchungen 2014. Die Trophiebewertung in 2011 lag im oligotrophen Bereich (oligotroph LAWA-Index 1,3), eine Einschätzung, die auch für die Jahre 2013/2014 gilt.

Die verfrachtete Phytoplanktonbiomasse aus dem Rohwasser der Granetalsperre hat in seiner Konzentration keine Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt im Unterlauf der Grane. Die Ammonium-, Nitrit- sowie die Mangankonzentrationen aus dem Rohwasser sind gering und haben keine Auswirkungen auf den Unterlauf der Grane.

Literatur:

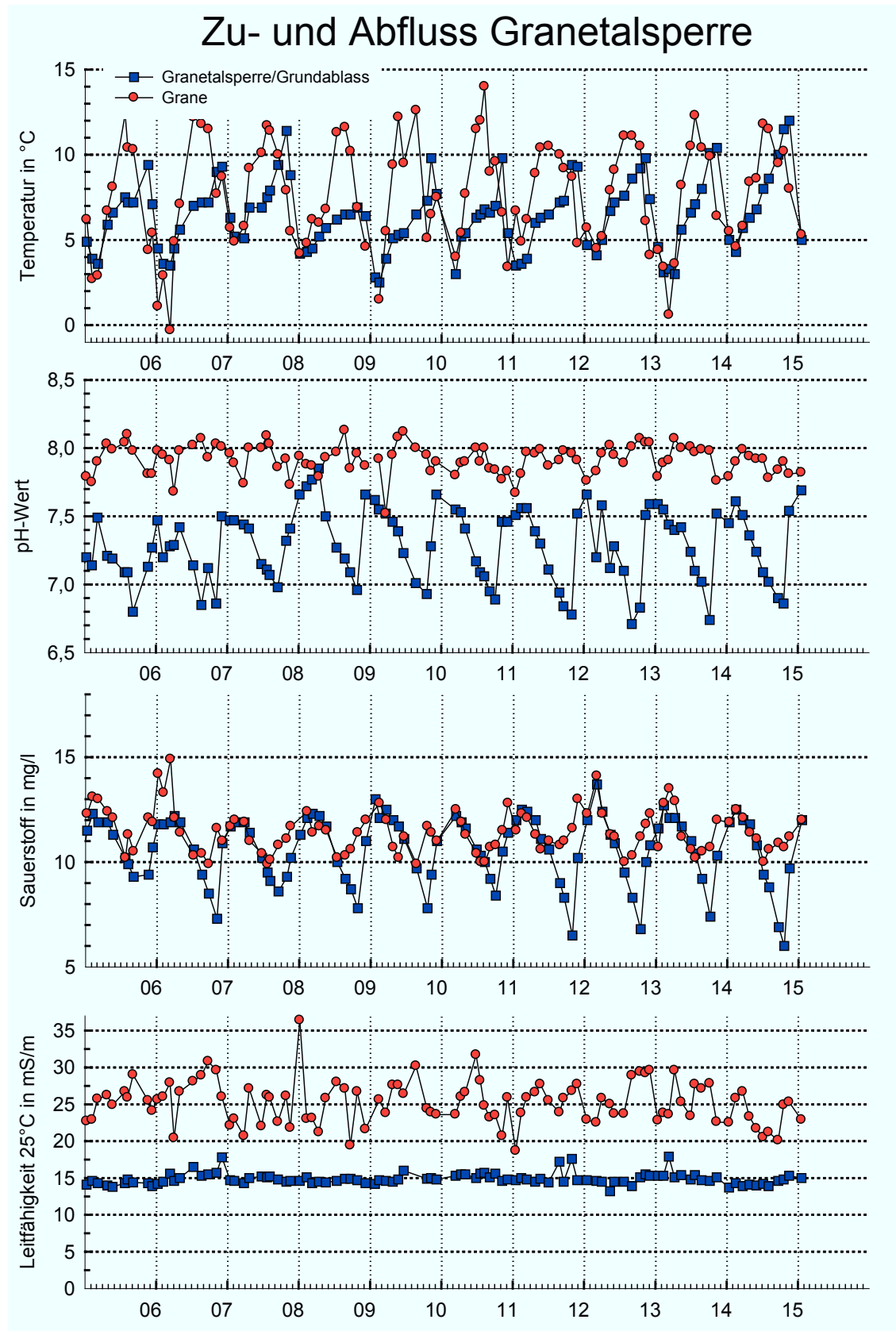
R. Reinartz, E. Bohle; Auswirkung der Gewässererwärmung auf die Ökologie der Süßwasserfische Bayerns; Bayrisches Landesamt für Umwelt und Gewässerökologie (2007)

U. Riedmüller, E. Höhn; Untersuchung des Phyto- und Zooplanktons in drei Talsperren im Westharz (Niedersachsen) sowie Bewertung gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie, im Auftrag Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (2011).

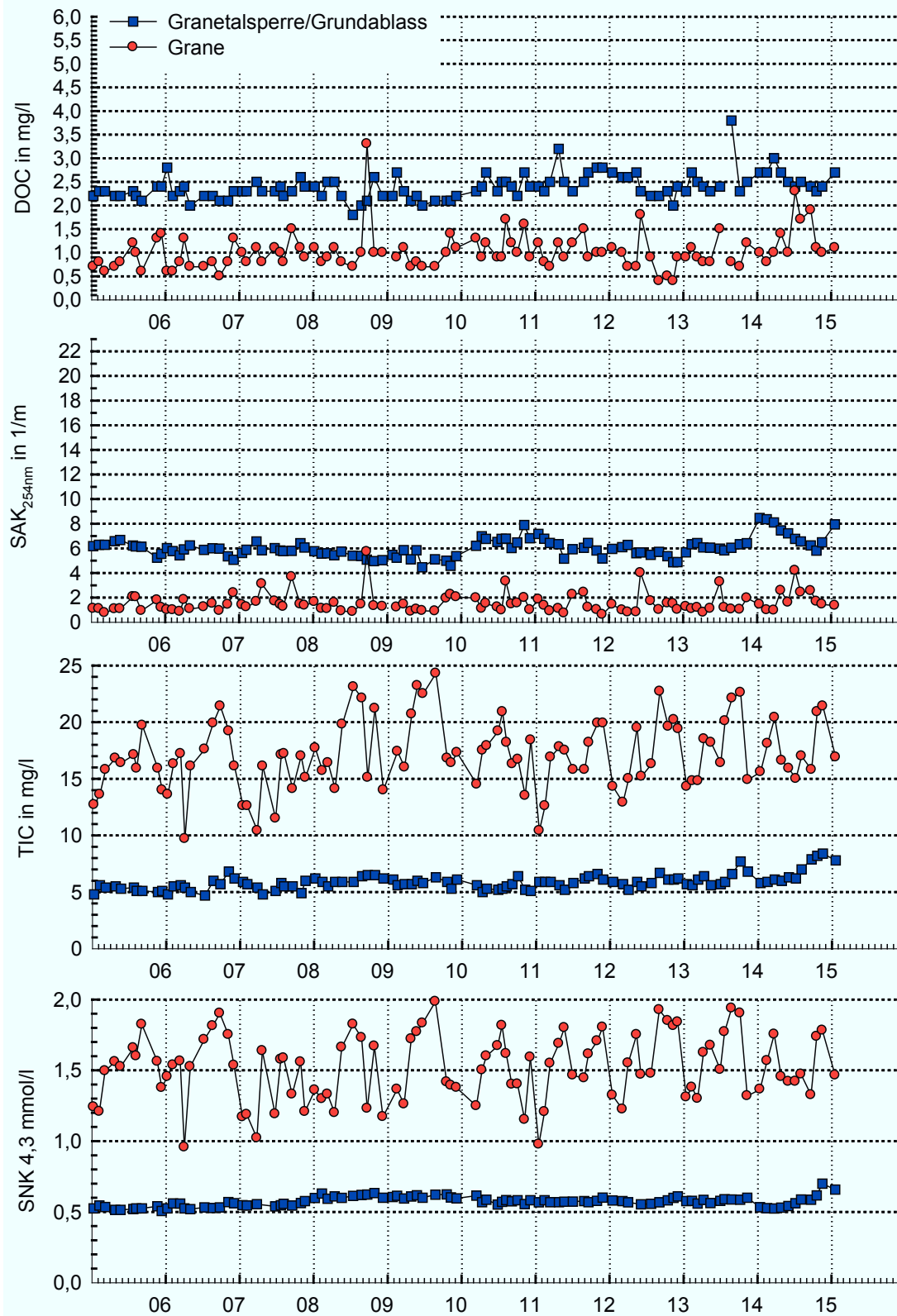
M. Schnitzler, A. Mehling; Ergebnisse der Untersuchung von Talsperren nach EU-WRRL, Untersuchung des Nordharzverbundsystems, Harzwasserwerke GmbH (2011)

Anlage

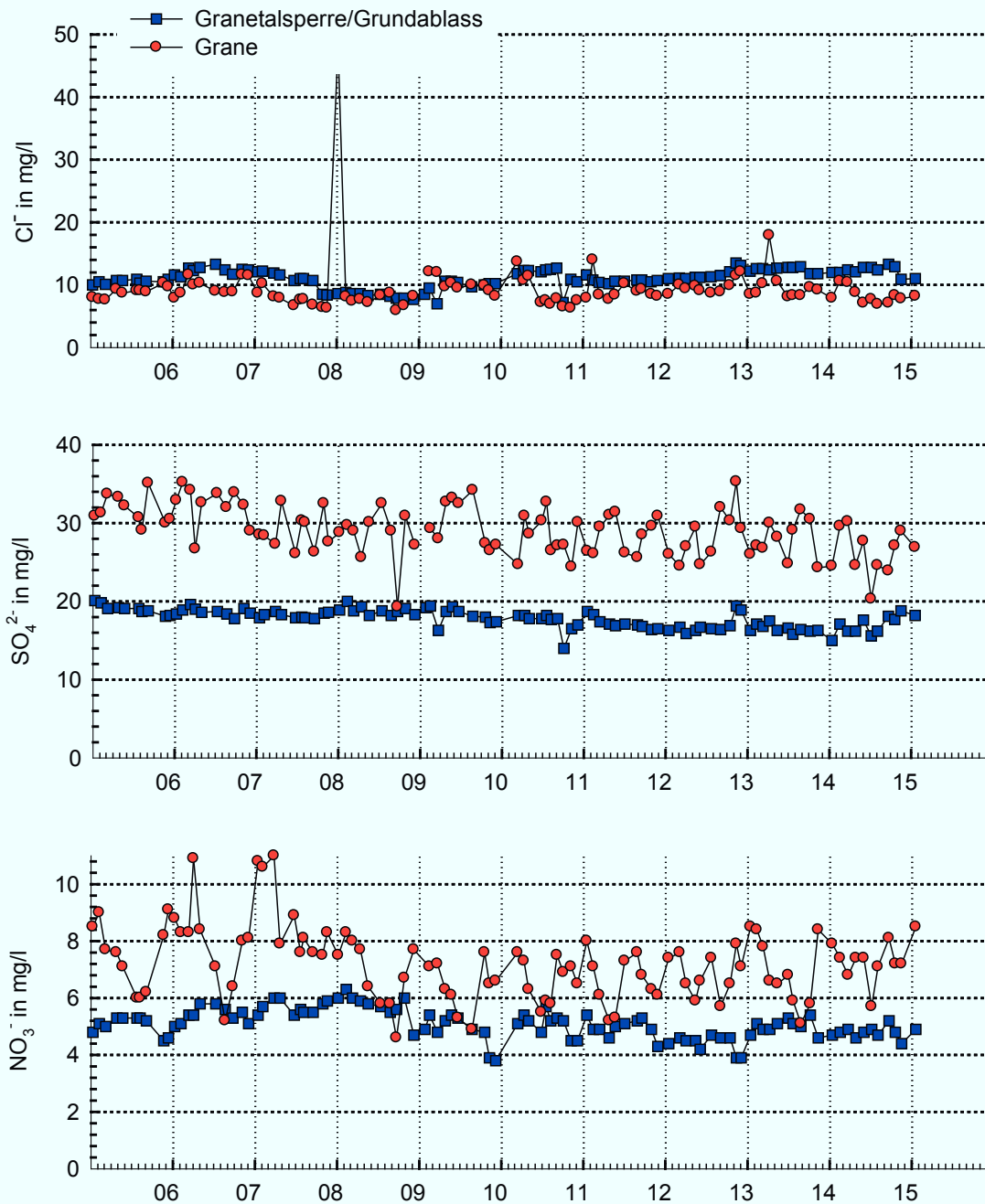
A01: Zu- und Abfluß von Grane-, Oker- und Innerstetalsperre



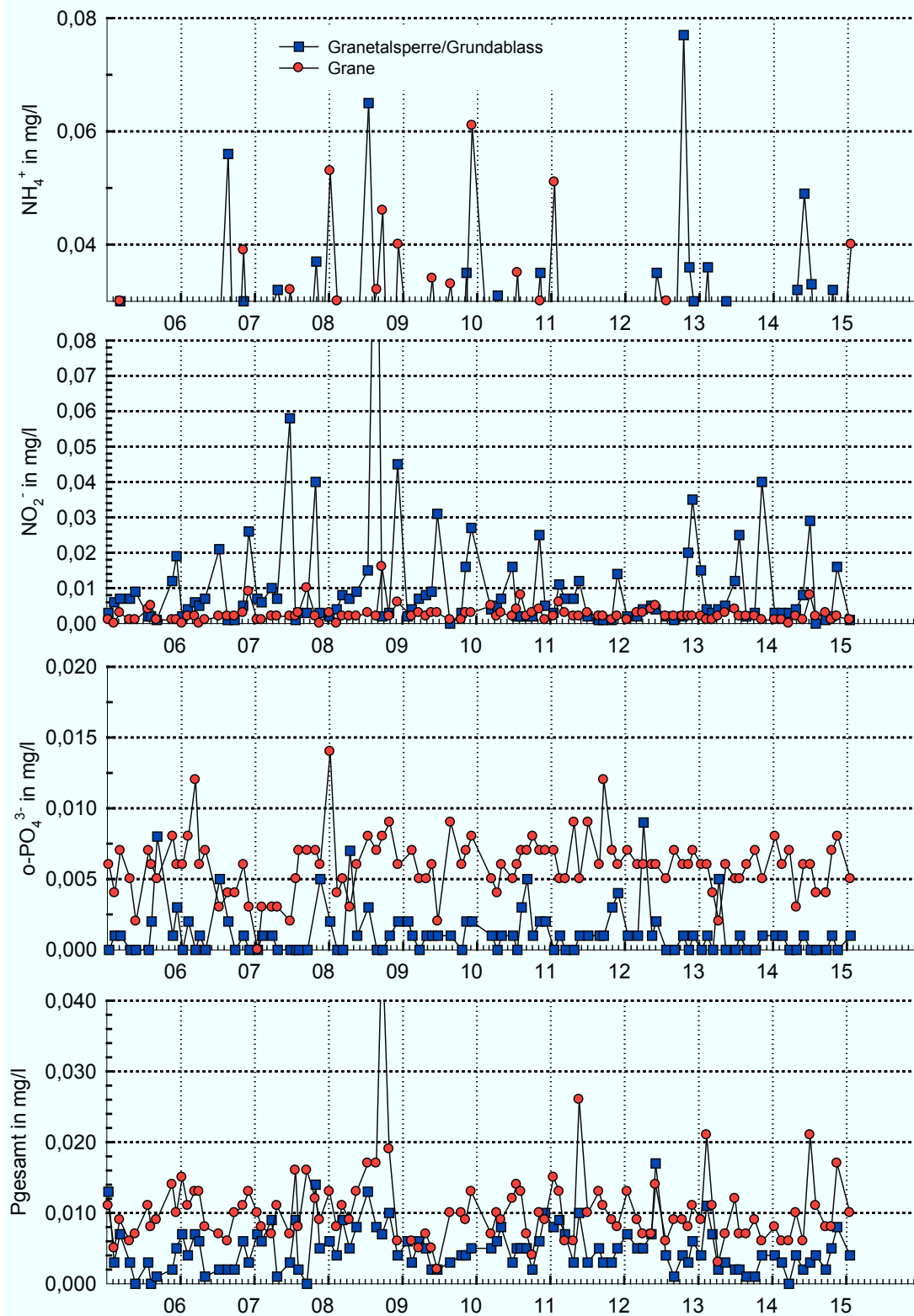
Zu- und Abfluss Granetalsperre



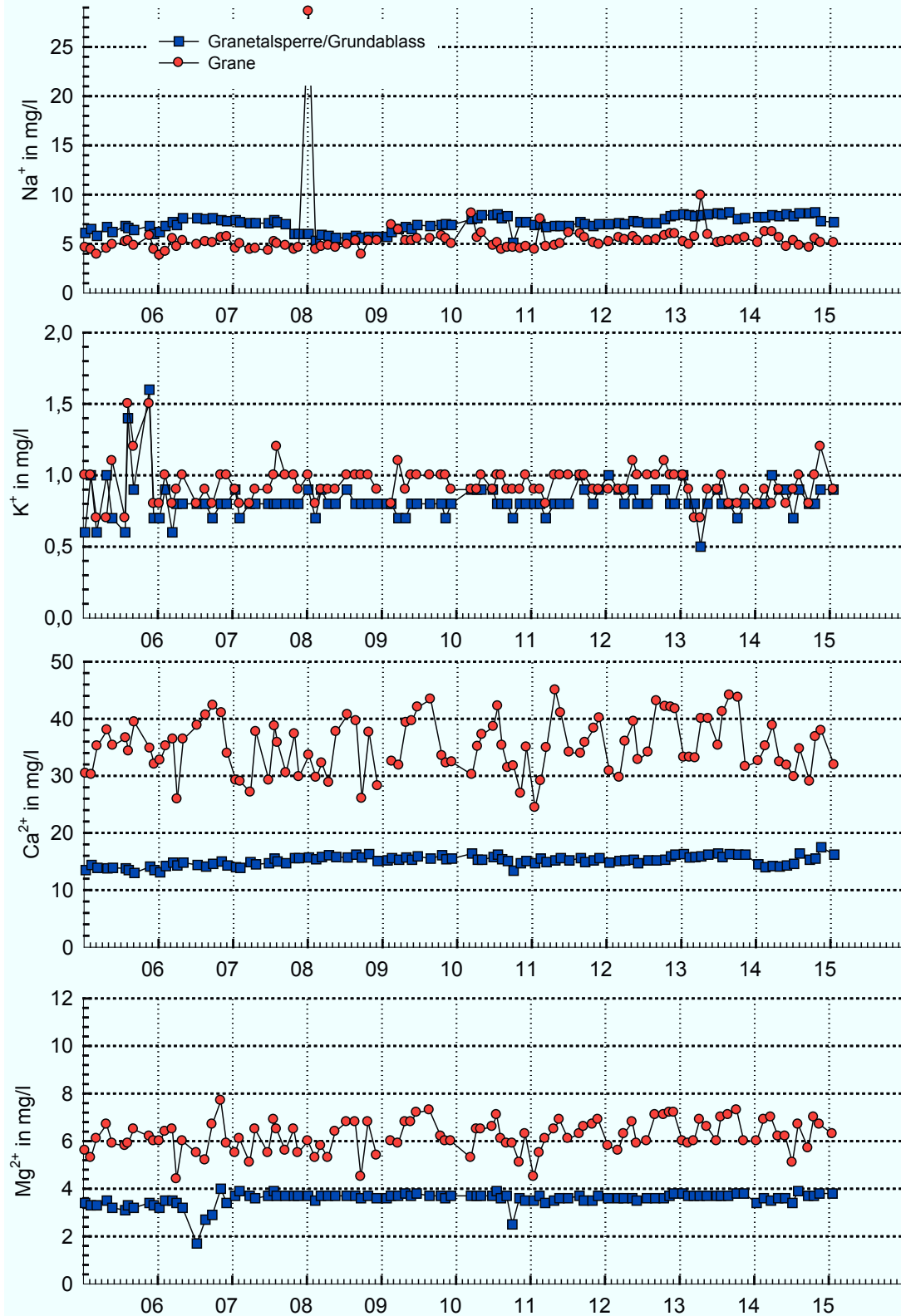
Zu- und Abfluss Granetalsperre



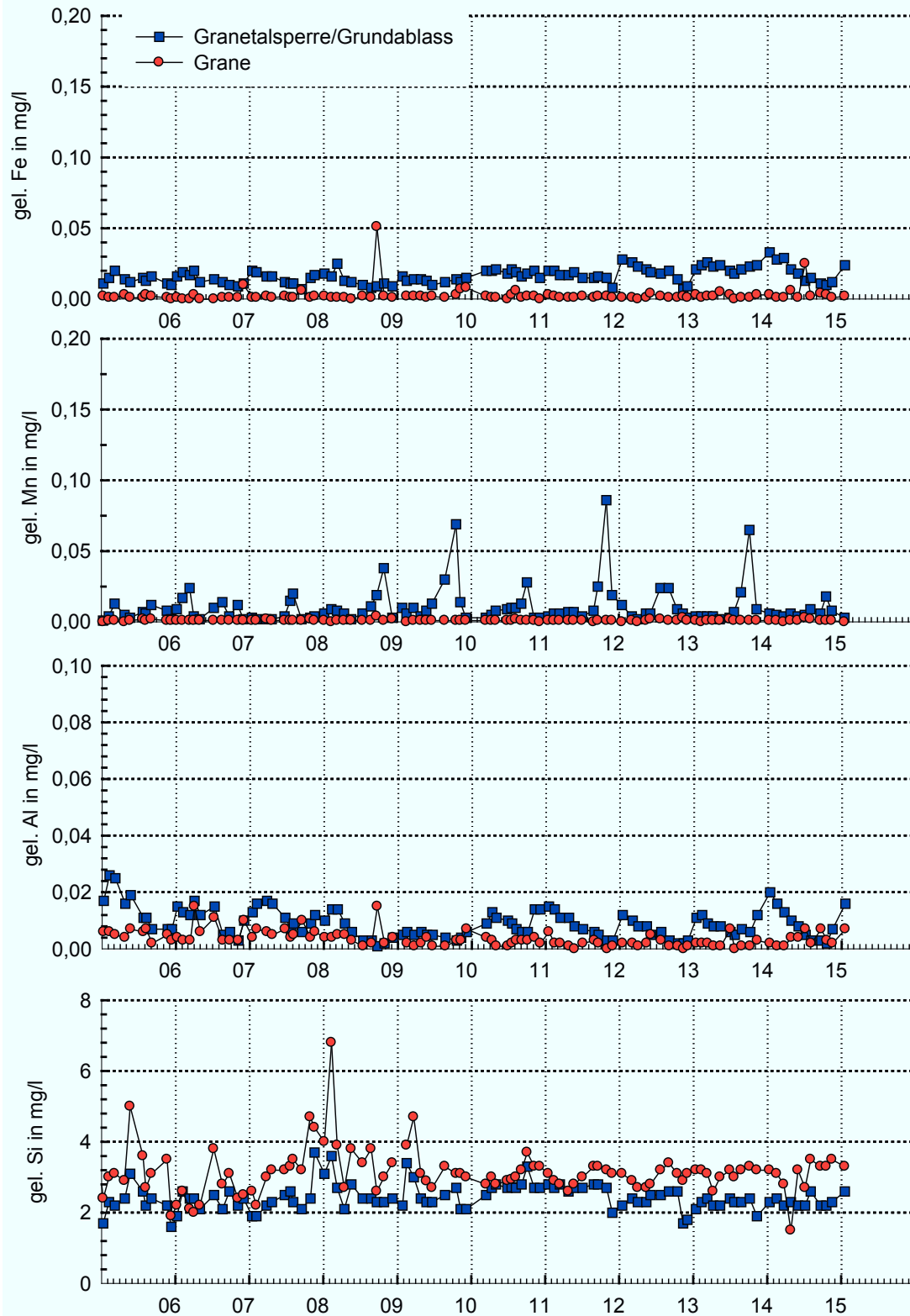
Zu- und Abfluss Granetalsperre



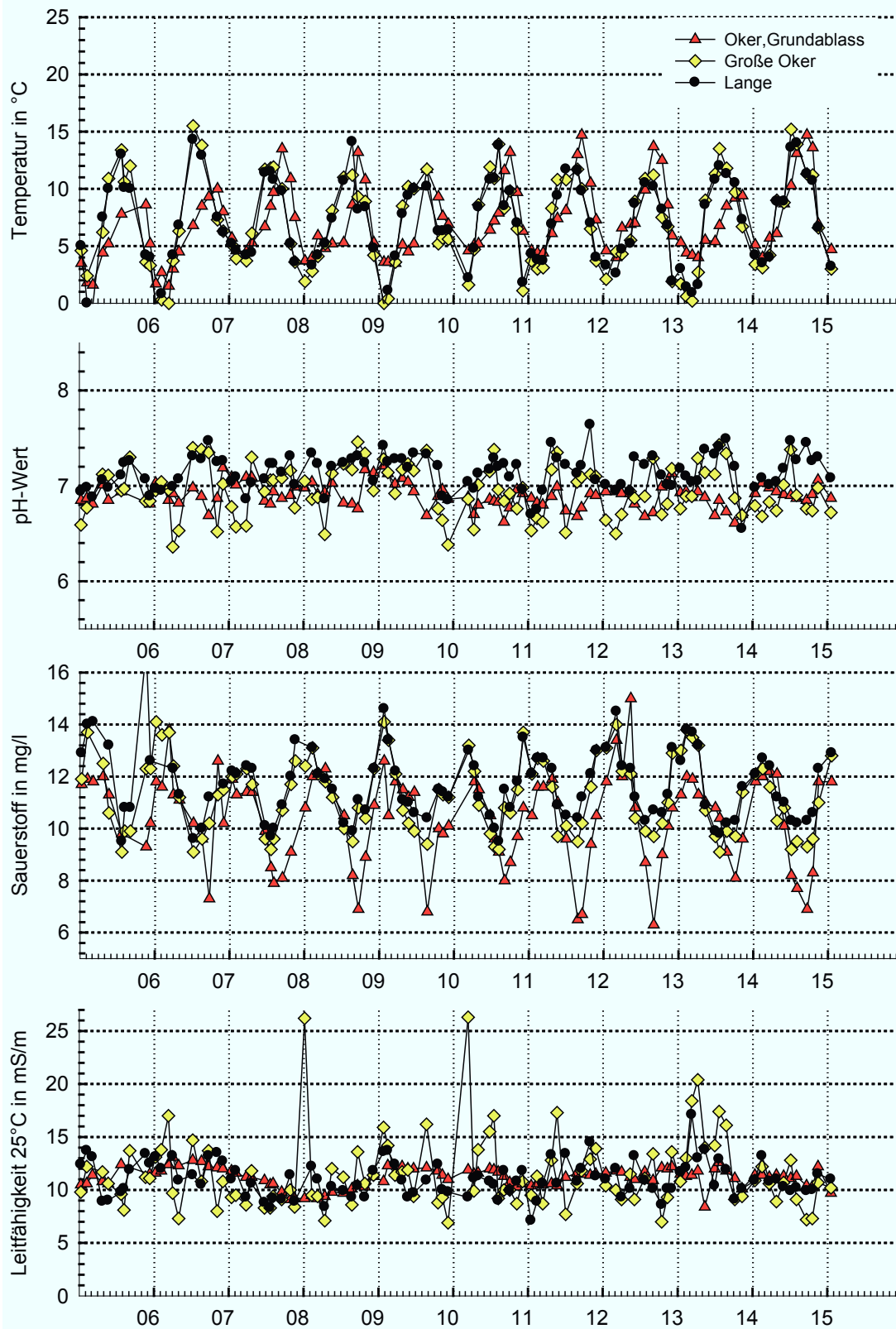
Zu- und Abfluss Granetalsperre



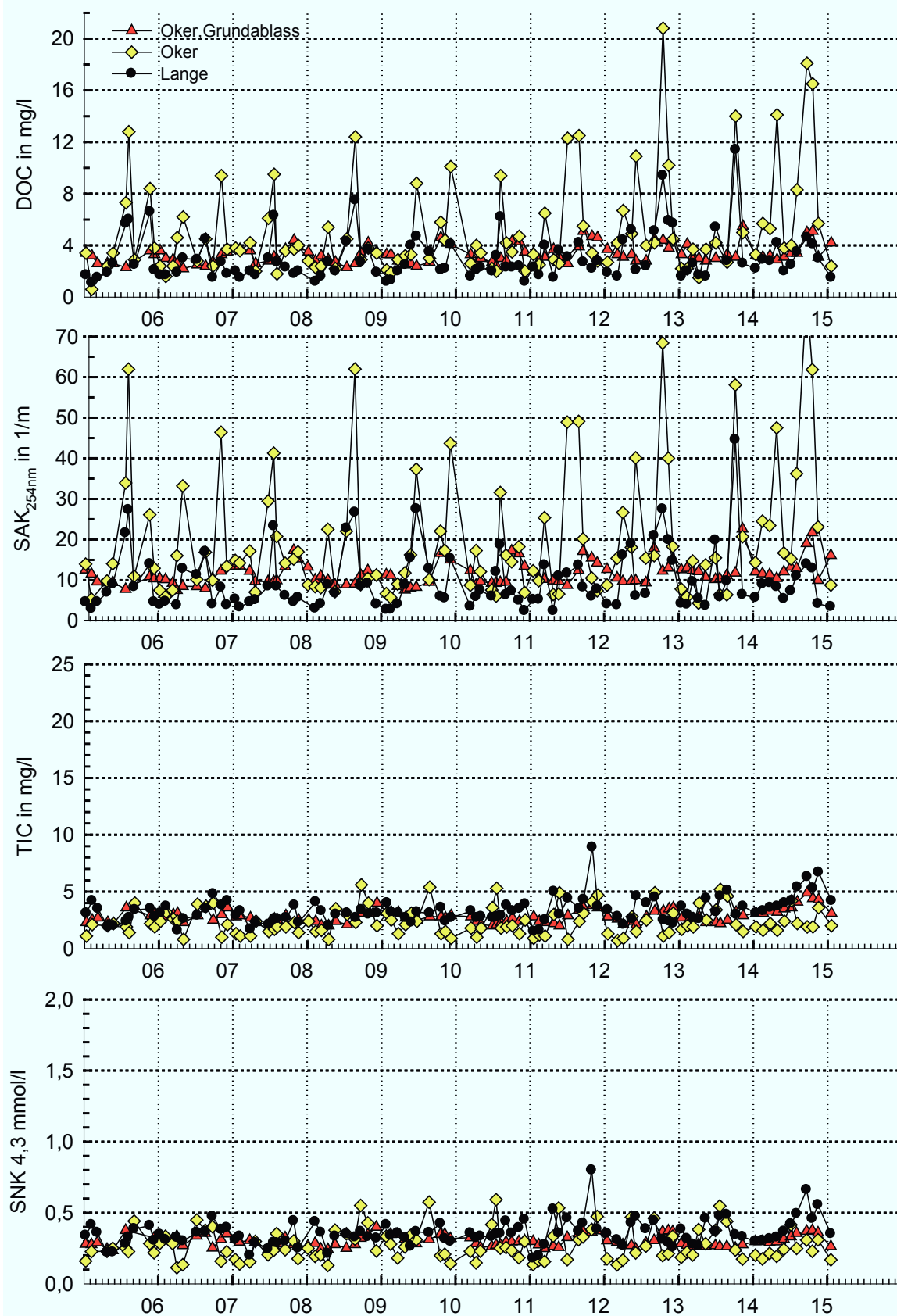
Zu- und Abfluss Granetalsperre



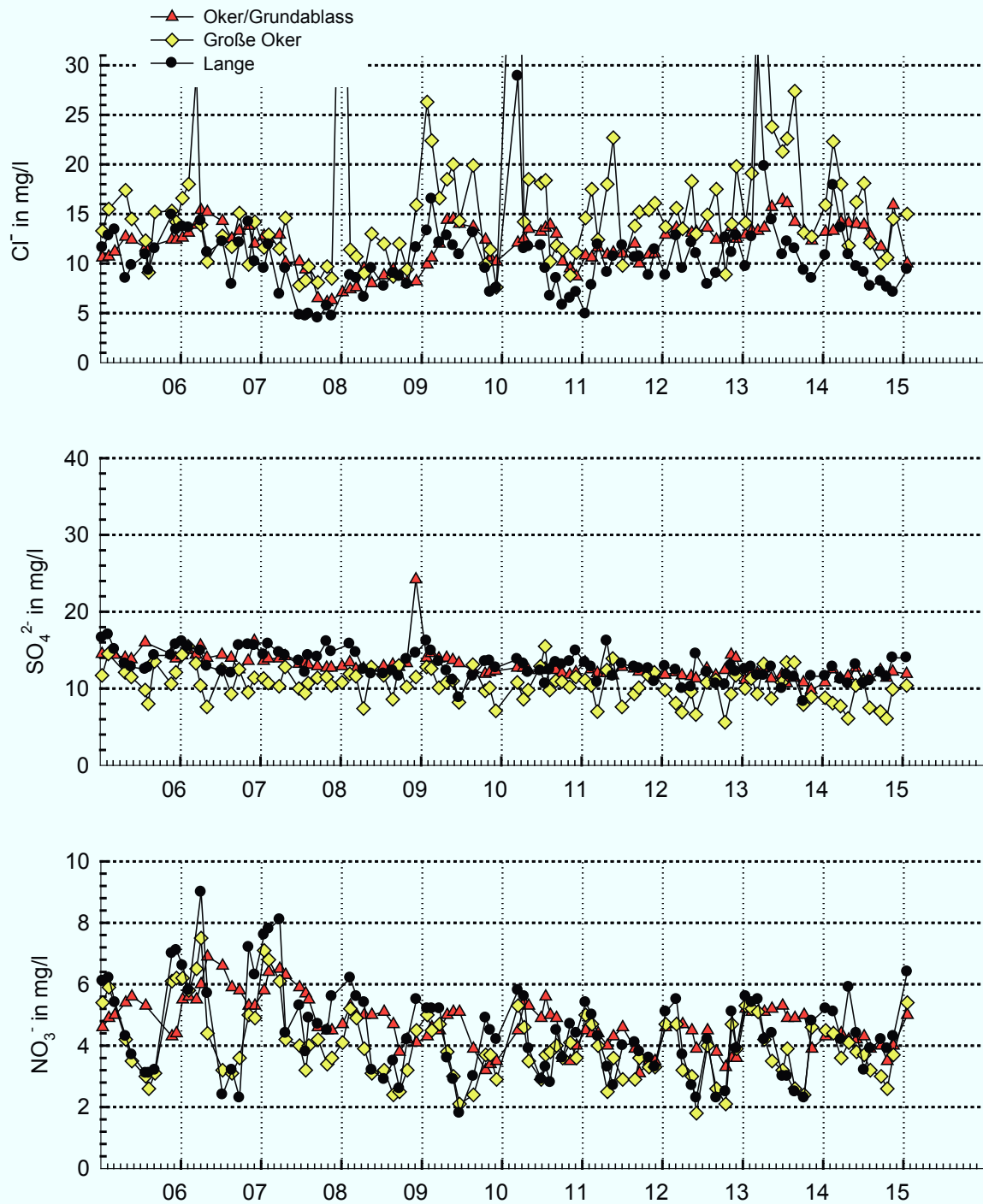
Zu-und Abfluss Okertalsperre



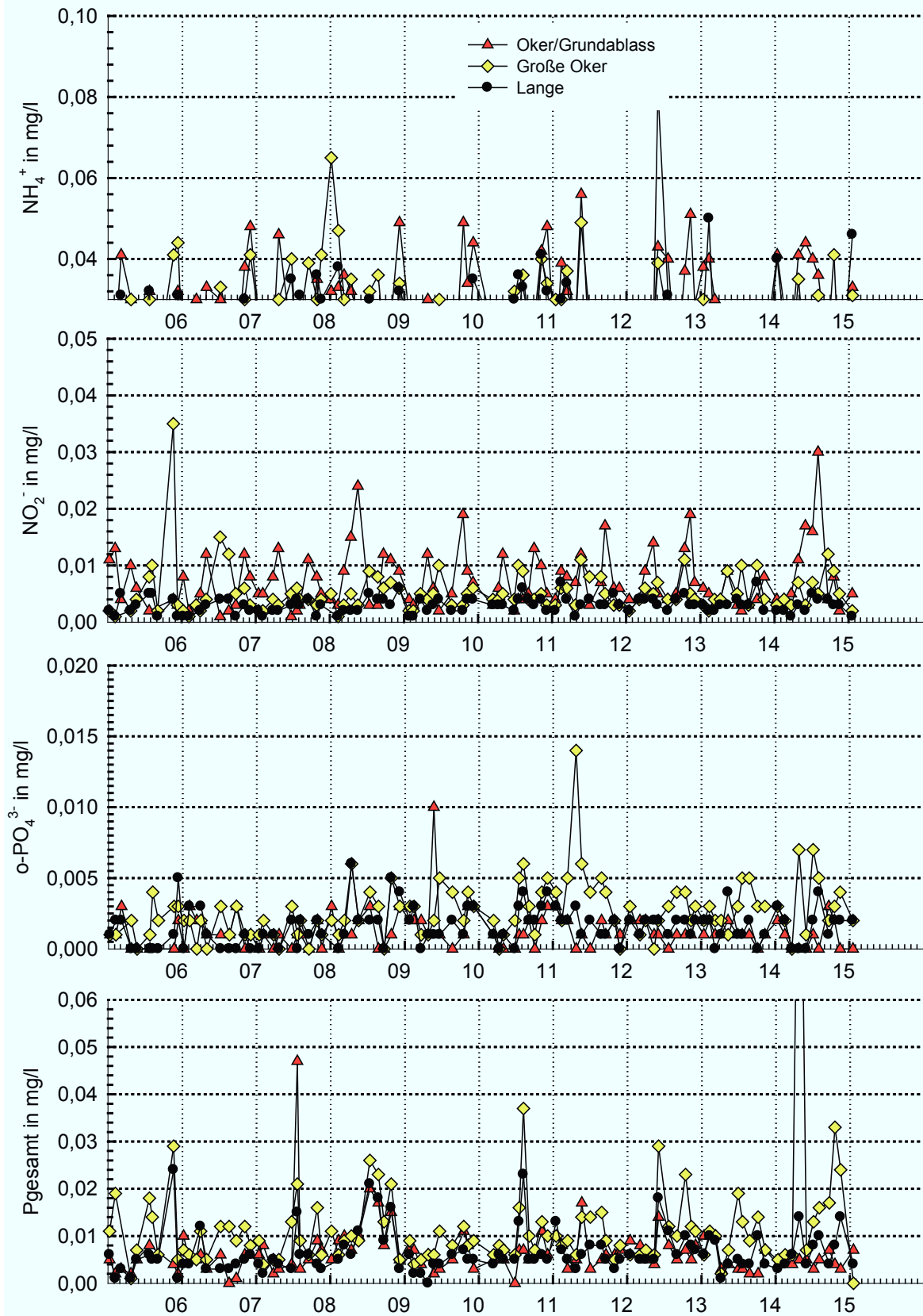
Zu- und Abfluss Okertalsperre



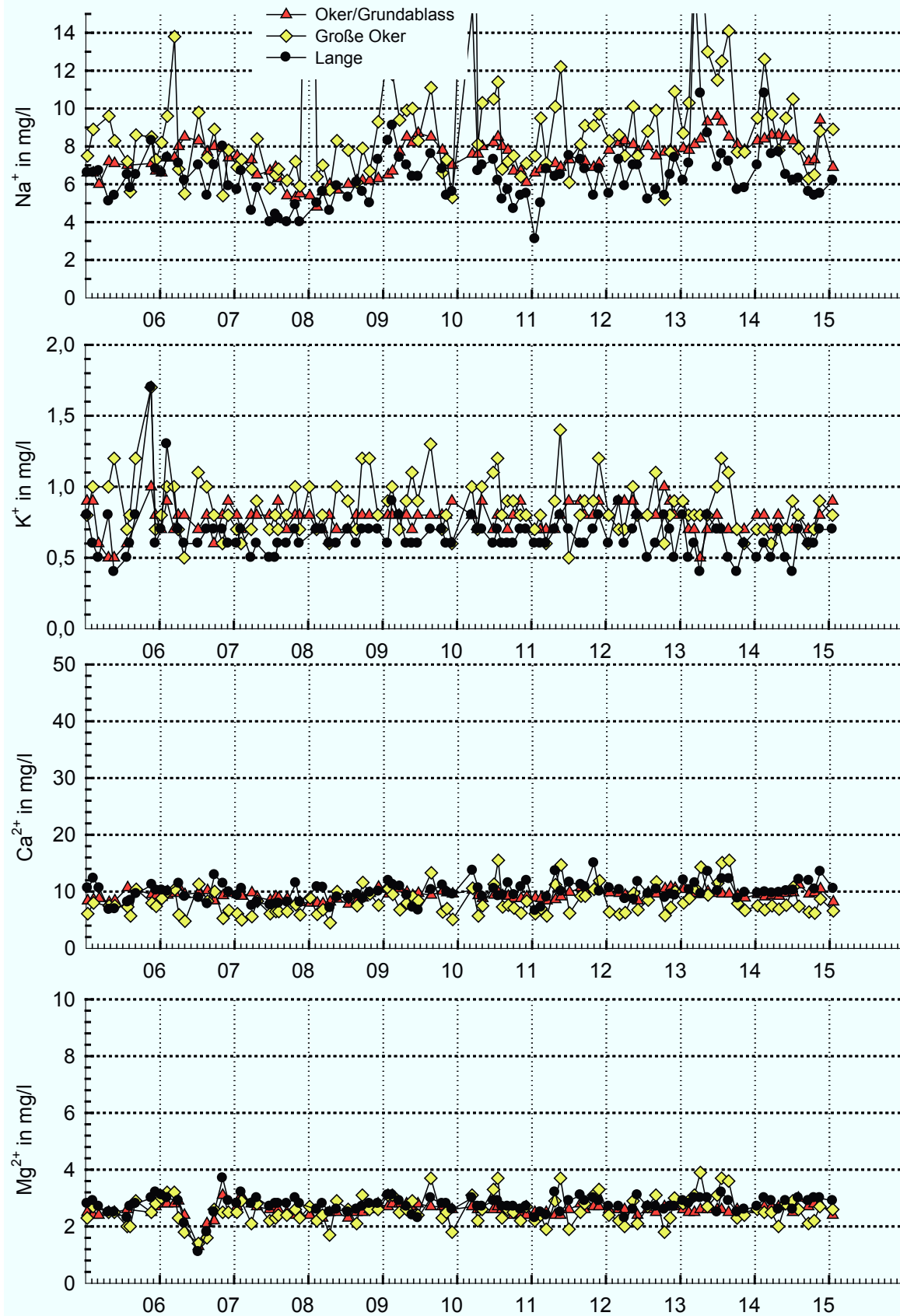
Zu- und Abfluss Okertalsperre



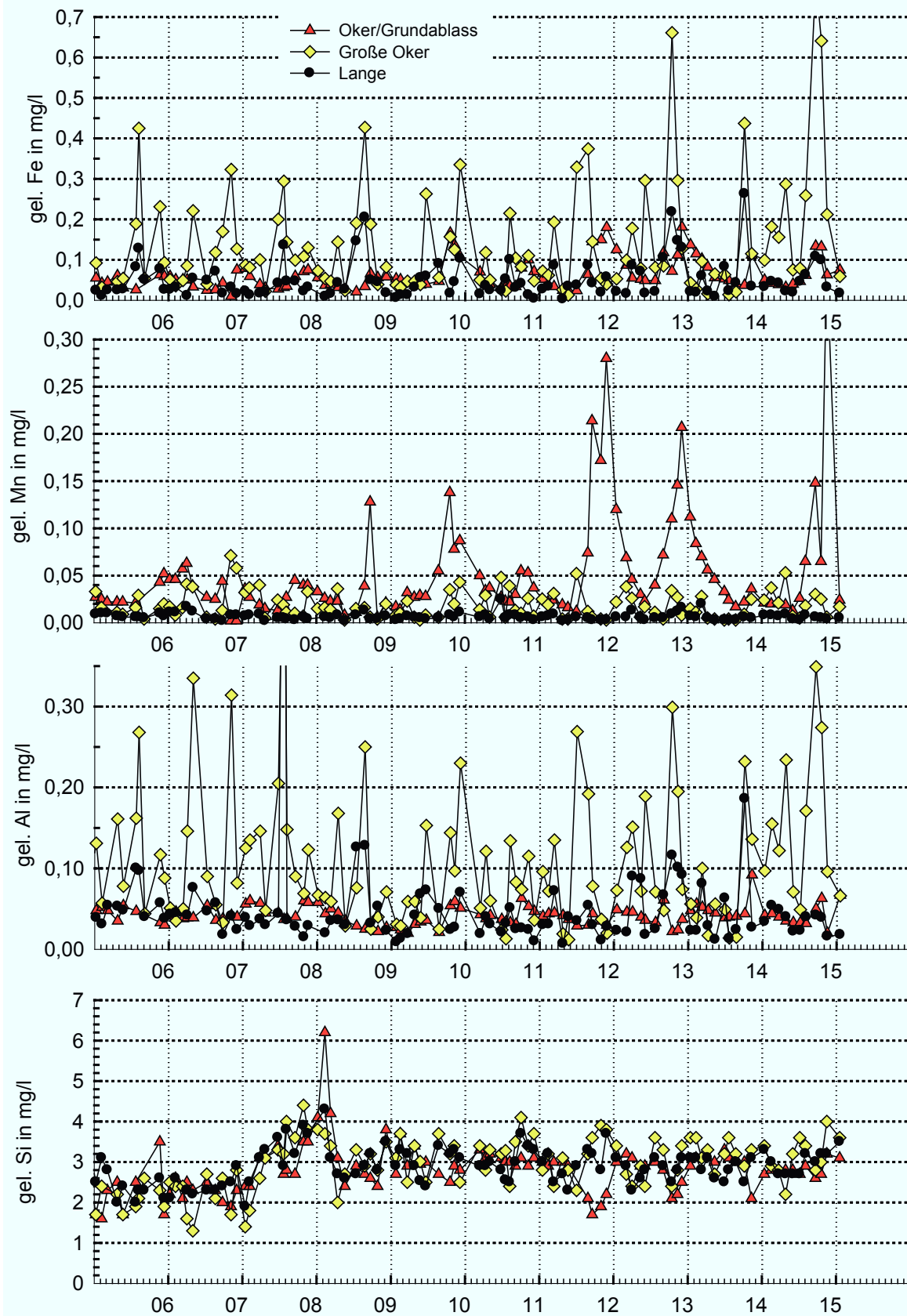
Zu- und Abfluss Okertalsperre



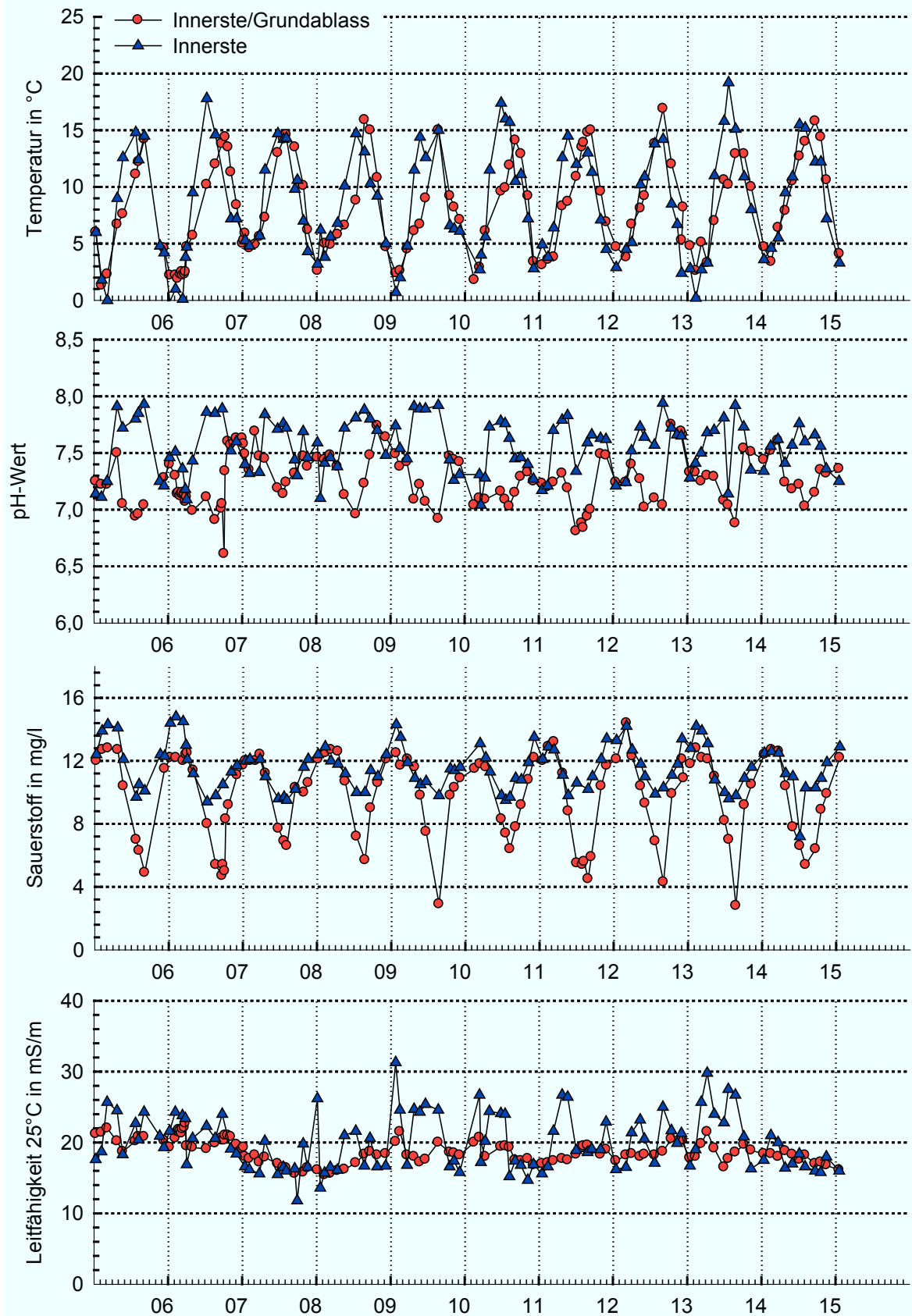
Zu- und Abfluss Okertalsperre



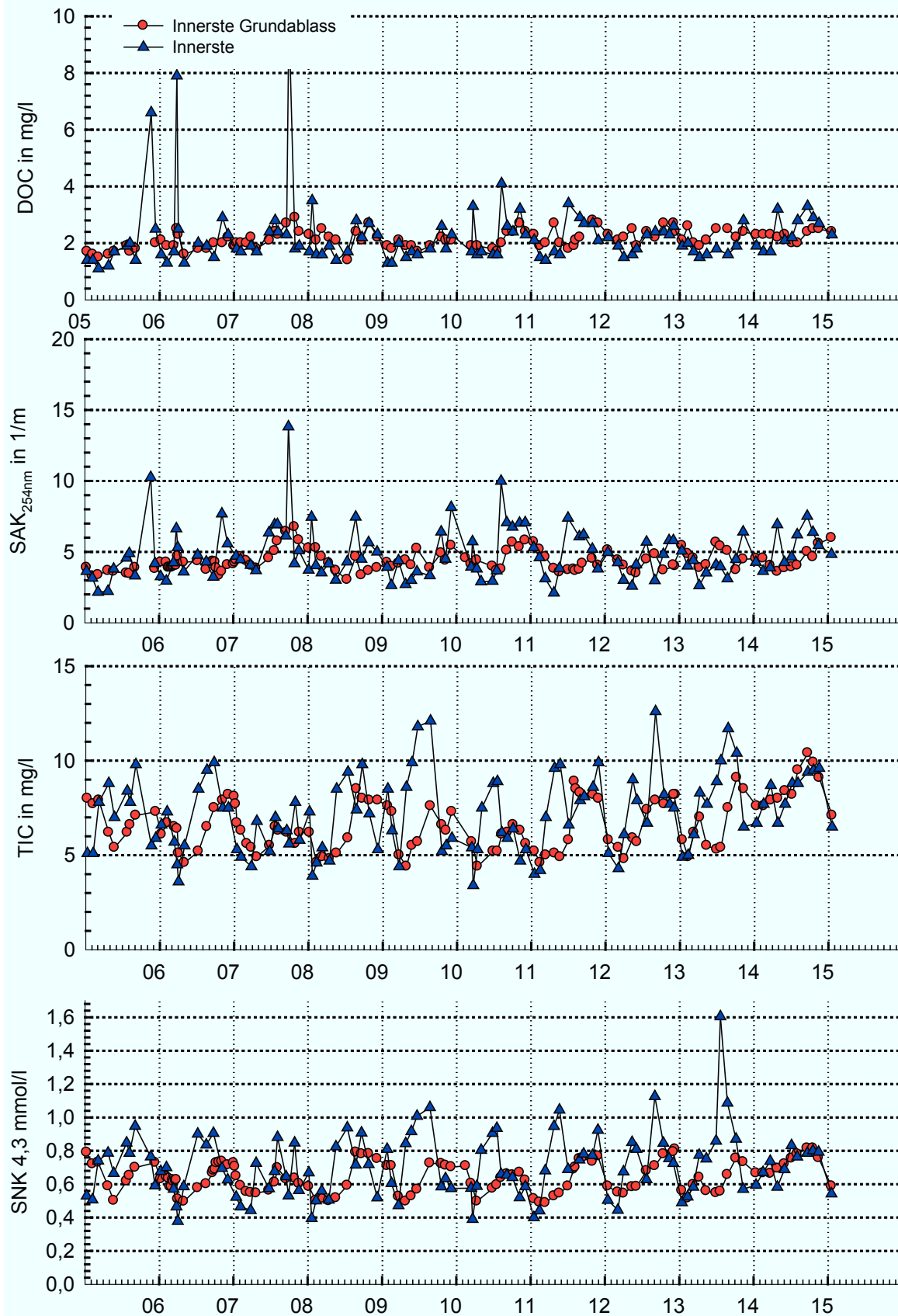
Zu- und Abfluss Okertalsperre



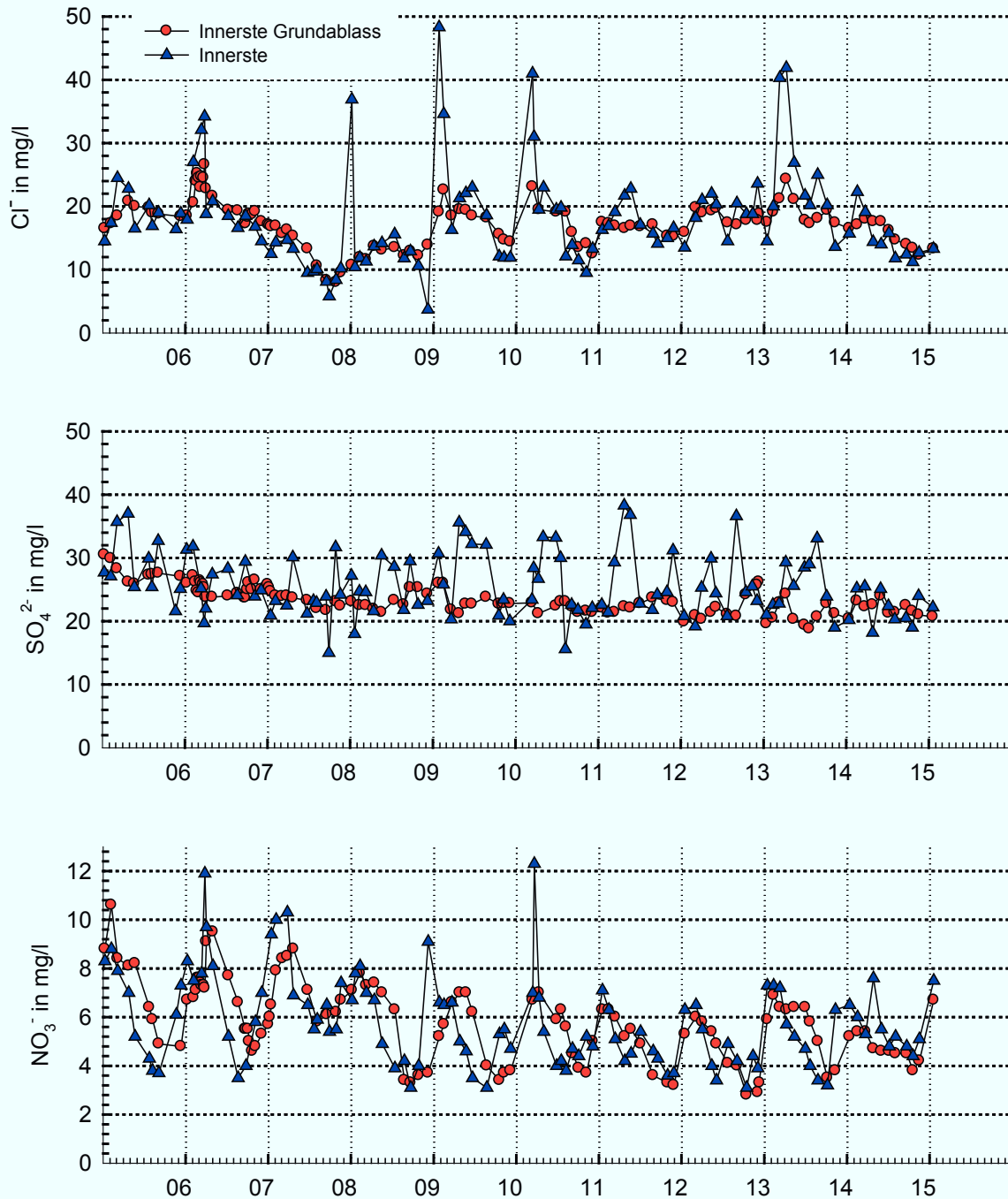
Innerstetalsperre Einlauf und Grundablass



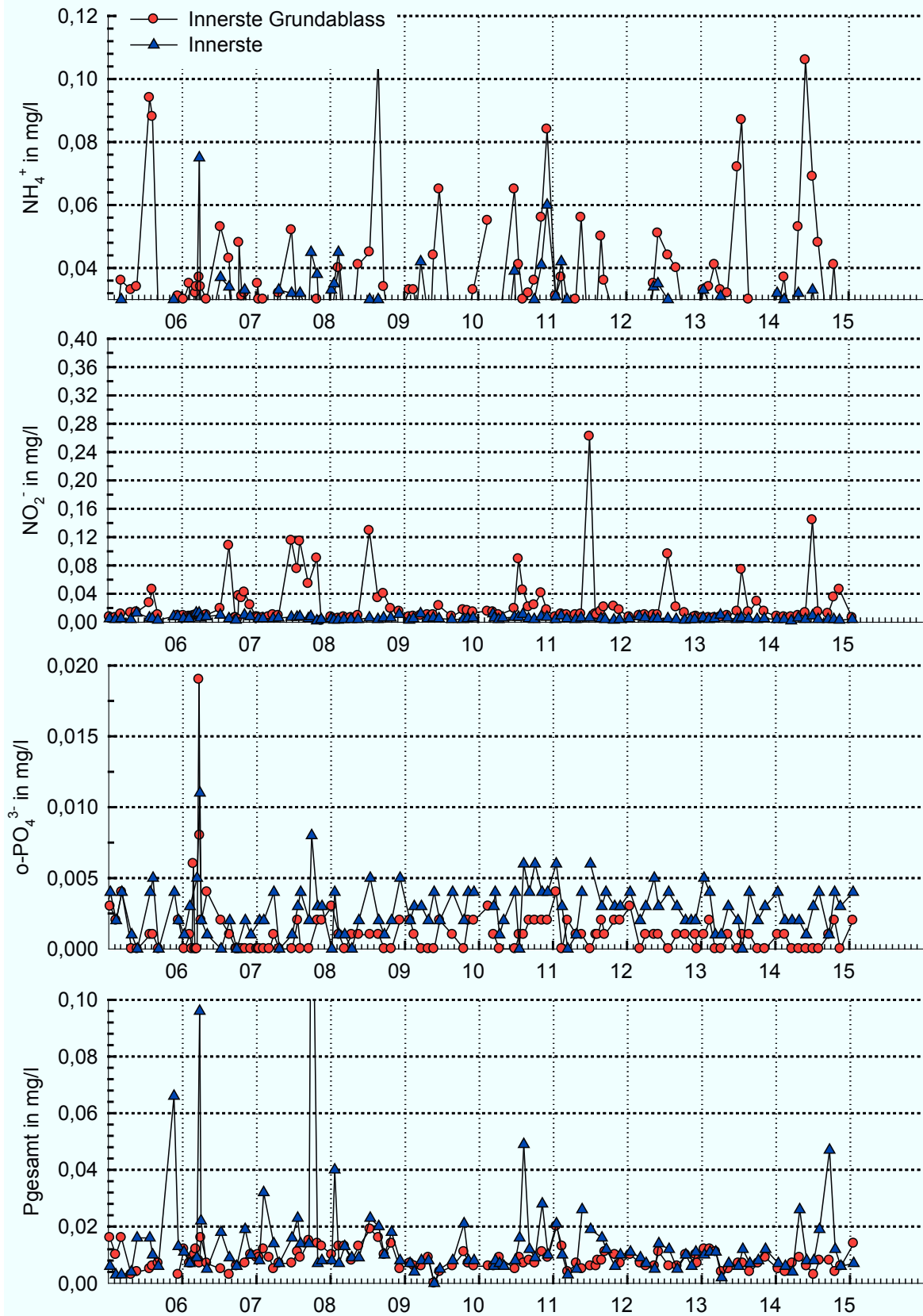
Innerstetalsperre Einlauf und Grundablass



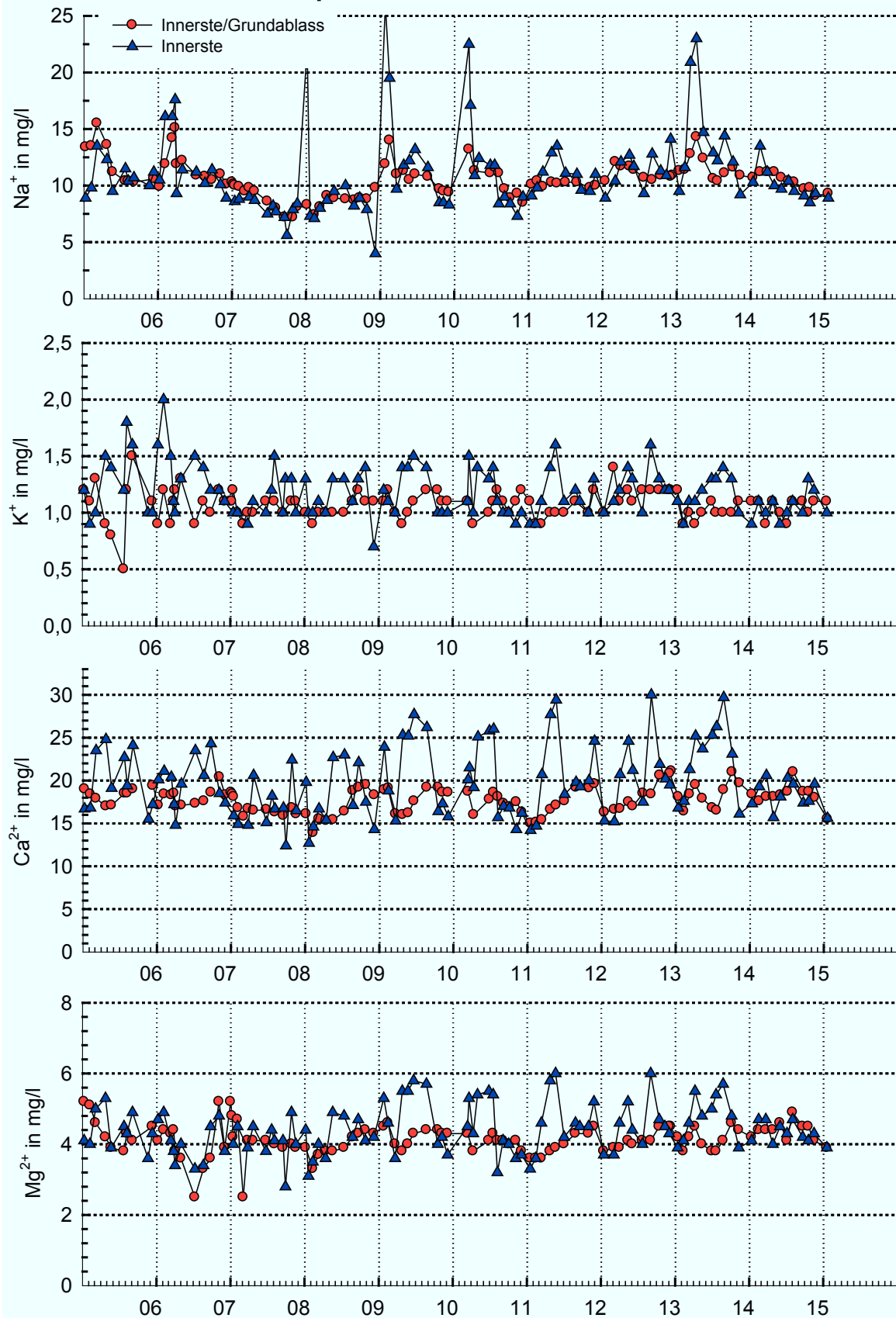
Innerstetalsperre Einlauf und Grundablass



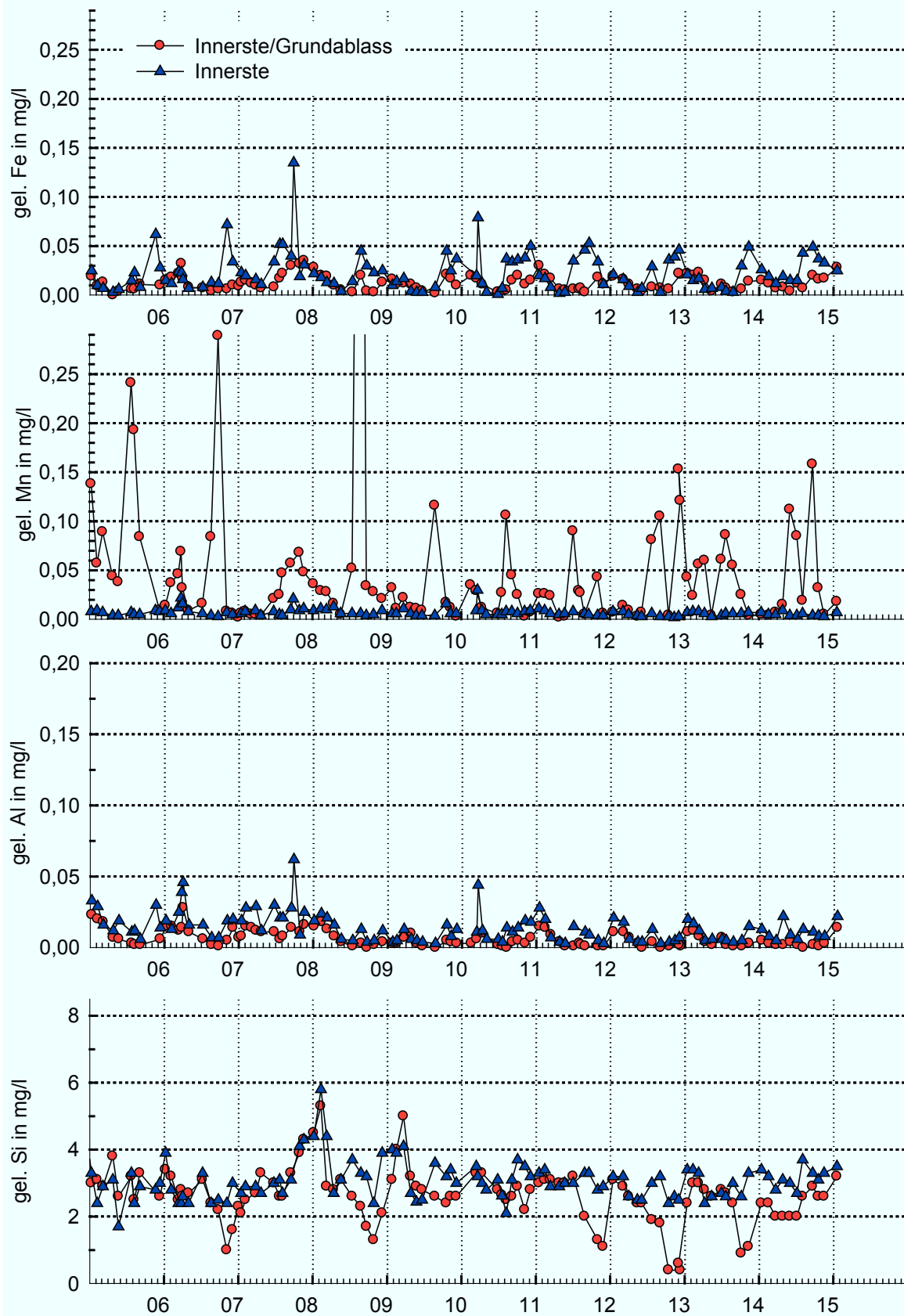
Innerstetalsperre Einlauf und Grundablass



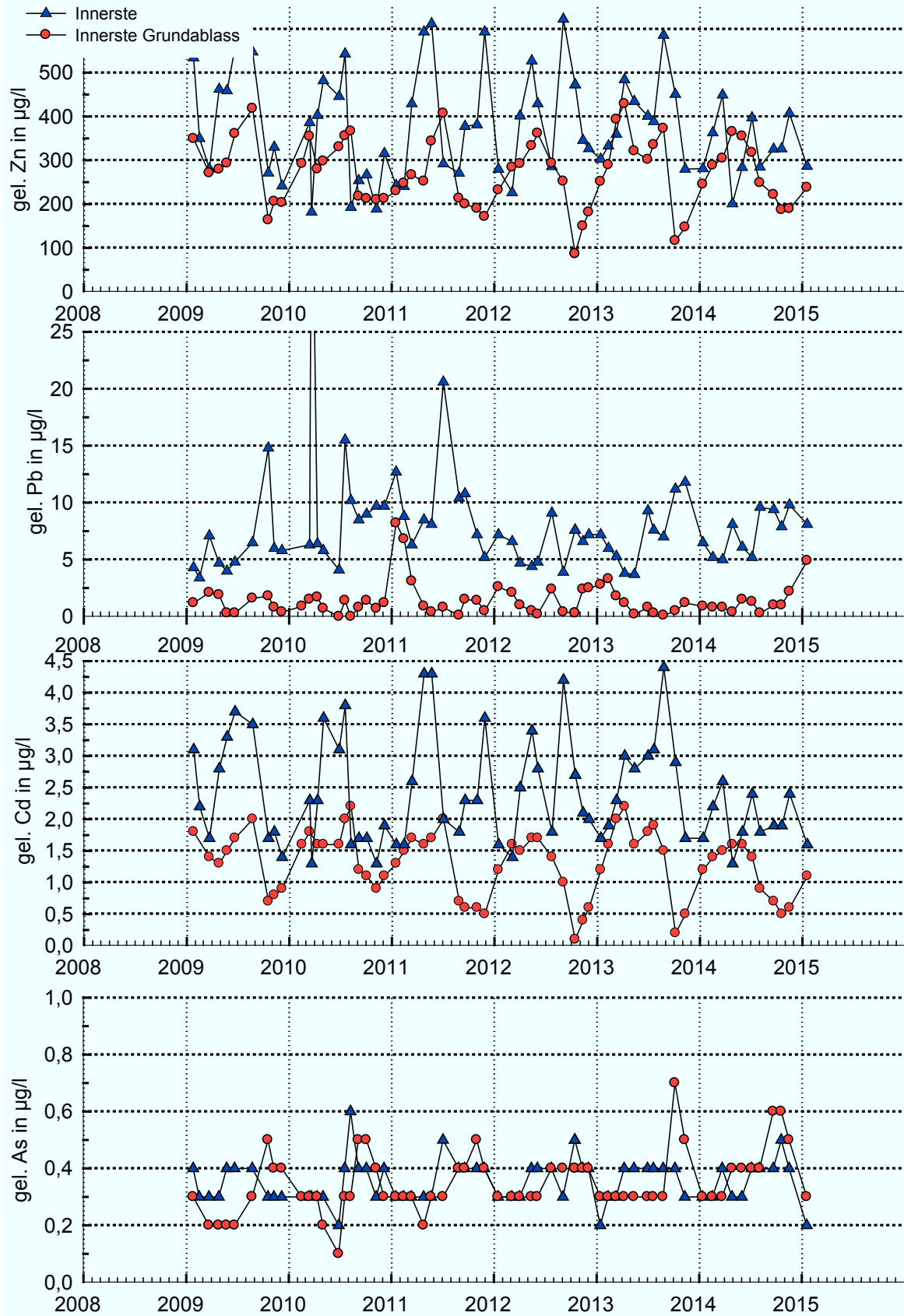
Innerstetalsperre Einlauf und Grundablass



Innerstetalsperre Einlauf und Grundablass



Innerstetalsperre Einlauf und Grundablass



A02: Fließweg Oker - Bilddokumentation



Pegel Altenau



Auslauf Turbine/Turbinenhaus, Rohwasser - Romkerhall



Pegel Unterwasserbecken Auslauf Unterwasserbecken



Oker in Oker



Oker Probsteiburg



Oker unterhalb Steinfeld, Brücke Wöltingerode



Oker Unterhalb Zufluß Radau □ BAB Brücke



Oker unterhalb Zufluß Ecker - Wiedelah



Oker Brücke Zuckerfabrik - Schladen

A03: Fließweg Innerste - Bildokumentation



Innerste Pegel Rothe Klippe



Innerste Furt BBL

Innerste Stau - Offen, Kunigunde



Innerste Posthof Sportplatz



Innerste Sehlde unterhalb Mühlenstau

A04: Analysedaten Längsschnitte Oker und Innerste

Siehe zugefügte Datei ☐ Analysedaten Längsschnitte