

Entphosphatung der Aa zur Unterdrückung des Cyanobakterien-Wachstums im Aasee



Bericht zum Freilandversuch 2008

Prof. Dr. Bernhard Surholt
und
Dipl. Lök. Ansgar Schülting

Dezember 2008

Im Jahr 2008 wurde von Anfang April bis Mitte Oktober zur Bekämpfung der Cyanobakterien im Aasee eine Entphosphatung des Wassers der zulaufenden Aa mittels Eisen-III-Chlorid als Freilandversuch durchgeführt. Die wissenschaftliche Begleitung, einschließlich der vor Ort-Überwachung der wichtigen biologischen, biochemischen und physikalischen Parameter, die Labor-Analytik der Wasserqualität und die Auswertung bzw. Bewertung der Maßnahme lagen bei den Autoren und beim Institut für Hygiene des Universitätsklinikums Münster.

Die wichtigsten Ergebnisse:

Generell ist festzustellen, dass 2008 die Entphosphatung des Aa-Wassers mit der angewandten Fällmethode gelungen ist und dass der Phosphatgehalt der Aa nahezu durchgängig unter den angestrebten, das Cyanobakterien-Wachstum limitierenden Wert von 0,03 mg P/l abgesenkt wurde – unabhängig davon wie hoch die jeweilige Phosphat-Konzentration im Aa-Wasser oberhalb der Dosieranlage war (s. Abb. 1).

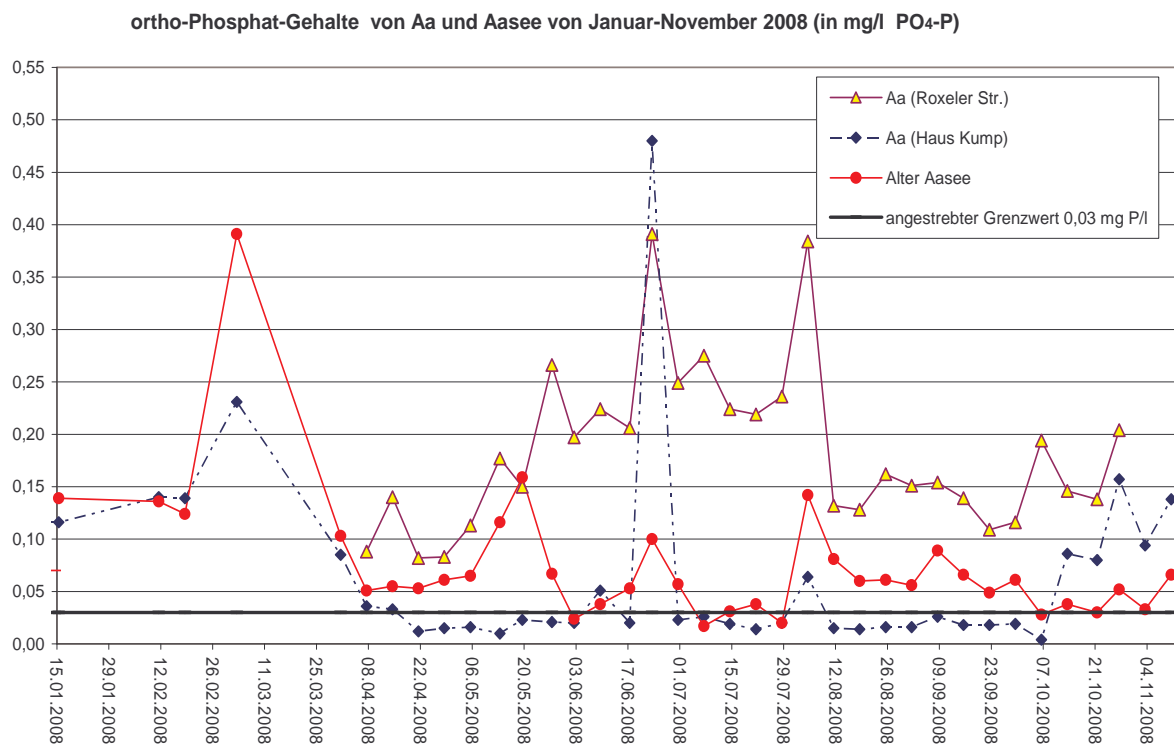


Abbildung 1: Entphosphatung der Aa: Die Flockung mit Eisen-III-Chlorid an der Roxeler Str. in der Zeit von Anfang April bis Mitte Oktober senkte den Phosphatgehalt der Aa (gemessen bei Haus Kump) unter den Wert 0,03 µg P/l. Die Ursachen für die 3 Überschreitungen sind im Text erklärt.

Diese Entphosphatung per Eisen-III-Behandlung erfasst, wie Abb. 1 deutlich macht, auch das Wasser des Meckelbaches. Dieser mündet gut 2 km unterhalb der Dosieranlage in die Aa und bringt z. T. beachtliche Wasser- und Phosphatmengen mit sich. Etwa 200 m unterhalb der Einmündung des Meckelbaches strömte die Aa dann bei Haus-Kump mit der angestrebten niedrigen Phosphat-Konzentration in den Aasee-Komplex (eine Erklärung der in der Abbildung der Phosphatgehalte zu sehenden Ausnahmen, erfolgt weiter unten).

Obwohl im Aasee selbst dann die bei Haus Kump gemessenen extrem niedrigen Phosphatwerte streckenweise nicht mehr aufzufinden waren, lagen sie im gesamten Aasee aber immer noch auf solch niedrigem Niveau, dass das Cyanobakterien-Wachstum im Vergleich zu früheren Jahren sehr stark unterdrückt wurde. Besonders deutlich lässt sich diese Aussage anhand der sehr niedrigen Belastungskurve des Aasees mit dem Cyanotoxin Microcystin belegen (s. Abb. 2). Nur einmal Mitte August wurde die Toxinkonzentration von gut 10 µg/l im alten Aasee erreicht. Nach Vorgaben des Umweltbundesamtes (UBA) ist dieser Wert für Badegewässer aber noch tolerierbarer. Im Übrigen blieb die Giftkonzentration sogar unter 1 µg/l. Dies ist der Grenzwert, den die WHO für Trinkwasser angibt.

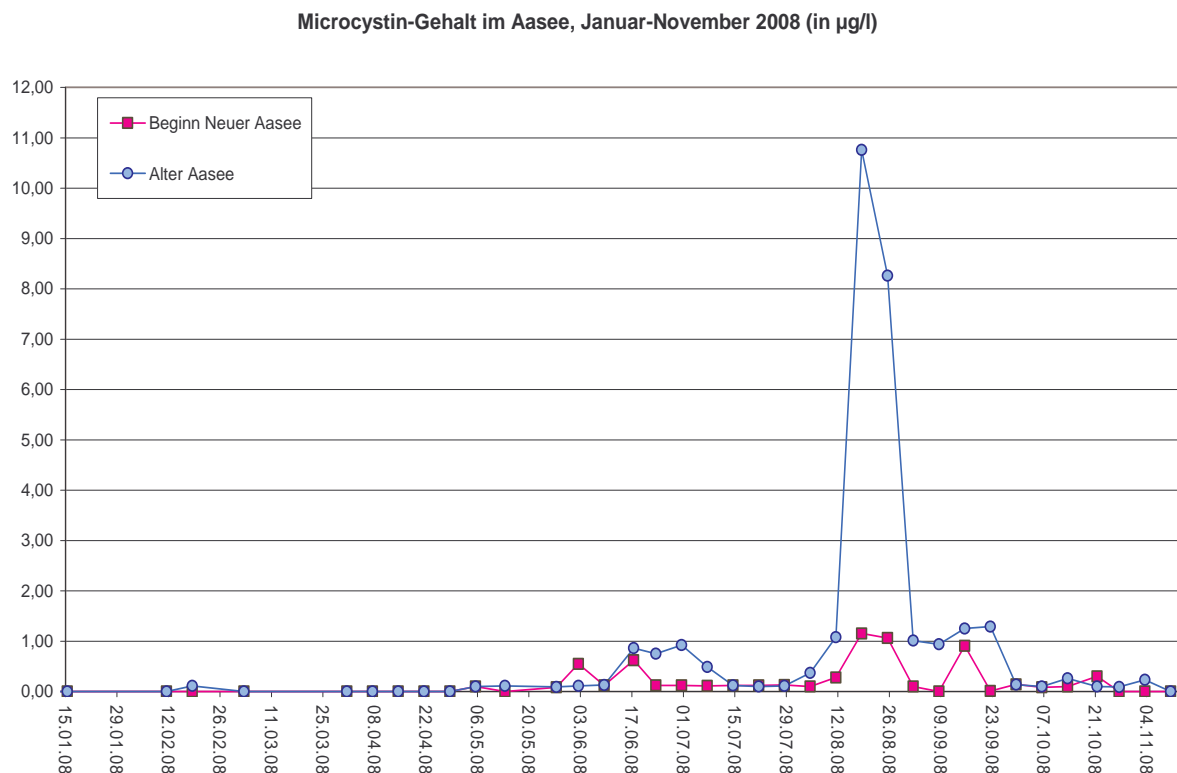


Abbildung 2: Die Belastung am Beginn des Neuen Aasses und im alten Teil des Sees mit Microcystin in 2008

Der Mitte August 2008 im See gemessene erhöhte Toxingehalt korreliert mit einem erhöhten Phosphatgehalt und einem deutlich gestiegenen Aufkommen von *Microcystis*-Arten im Wasser.

Die Kurven der Phosphatwerte im Aasee zeigen darüber hinaus in zwei weiteren Fällen kurzfristig erhöhte Phosphatwerte, die aber nur mit fast vernachlässigbaren Anstiegen des Microcystingehaltes bis 1 µg/l einhergingen (Erklärungsversuch s. u.). Es stellt sich aber generell die Frage, wodurch die Störungen der Entphosphatung bzw. die Anstiege des P-Gehaltes im See zustande kamen.

Der erste störende Faktor ist sicherlich darin zu suchen, dass die sich anschließende renaturierte Aa mit ihren strukturellen Problemen deutlich negative Einflüsse auf die Wasserzusammensetzung und die Wasserqualität der Aa hat, was dann auf das Wasser des eigentlichen Aasees durchschlägt. An anderer Stelle wurde diese Thematik unsererseits ausführlicher behandelt, weshalb hier mit Bezug darauf auf eine weitere Erörterung verzichtet wird.

Eine zweite Störung besteht darin, dass die aus dem Aasee-Umfeld erfolgenden direkten Zuleitungen infolge heftiger Niederschläge immer wieder kurzfristig erhöhte Wassermengen und meist damit verbunden erhöhte Phosphatbelastung in die renaturierte Aa und den Aasee befördern.

Dies kann am Beispiel des wichtigsten Zuleiters, nämlich des Gievenbaches, belegt werden. Wir haben dazu im zurückliegenden Jahr erstmals regelmäßig diesen Bach mit in unsere Untersuchungsreihen einbezogen. Ebenso wurden uns vom Labor des Klärwerkes der Stadt Münster regelmäßig weitere Messergebnisse zur Verfügung gestellt. Die erhobenen Daten sind zwar bislang noch nicht komplett ausgewertet, es lässt sich aber schon jetzt sagen, dass die Phosphat-Konzentrationen dieses Baches zeitweise deutlich über 0,2 – 0,3 mg P/l liegen und dessen Wassermengen im Schnitt 10 Prozent der Wassermenge der Aa betragen. Von hier aus wird also immer wieder die Nährstoff-, insbesondere die Phosphatbelastung des Aasees erhöht. Oft waren die Phosphatwerte unter der Zoobrücke im Zookanal im Vergleich zum Gievenbach sogar noch deutlich höher. Generell zu hoch war im Gievenbach die organische Belastung; im Durchschnitt lagen die CSB- bzw. die TOC-Werte über den Grenzwerten der Allgemeinen Güteanforderungen für Fließgewässer in NRW (AGA-NRW).

Der ganz entscheidende Faktor, der 2008 zur zeitweisen Erhöhung des Phosphat-Gehaltes im Aasee führte, ergab sich aber aus der Kombination technischer Unzulänglichkeiten unseres Versuchsansatzes bzw. unserer Dosieranlage (es ist bislang ja nur ein Freilandversuch) und den auch 2008 wieder beobachteten z. T. extremen Niederschlagsereignissen im Einzugsgebiet der Aa. Dies lässt sich sehr deutlich an den erstellten Kurven der Niederschläge in den Baumbergen (Abb. 3), der Abflussmengen der Aa an der Roxeler Straße (Abb. 4) und denen der Phosphat-Gehalte von Aa und Aasee (Abb. 1) ablesen.

In fast regelmäßigen Abständen kam es von Mai bis Ende August 2008 im Einzugsgebiet der Aa zu kurzen, aber sehr heftigen und ergiebigen Niederschlägen (s. Abb. 3). Fast in Relation 1:1 schlugen sich diese in der Änderung der Abflussmengen der Aa an der Dosierstelle nieder (Abb. 4).

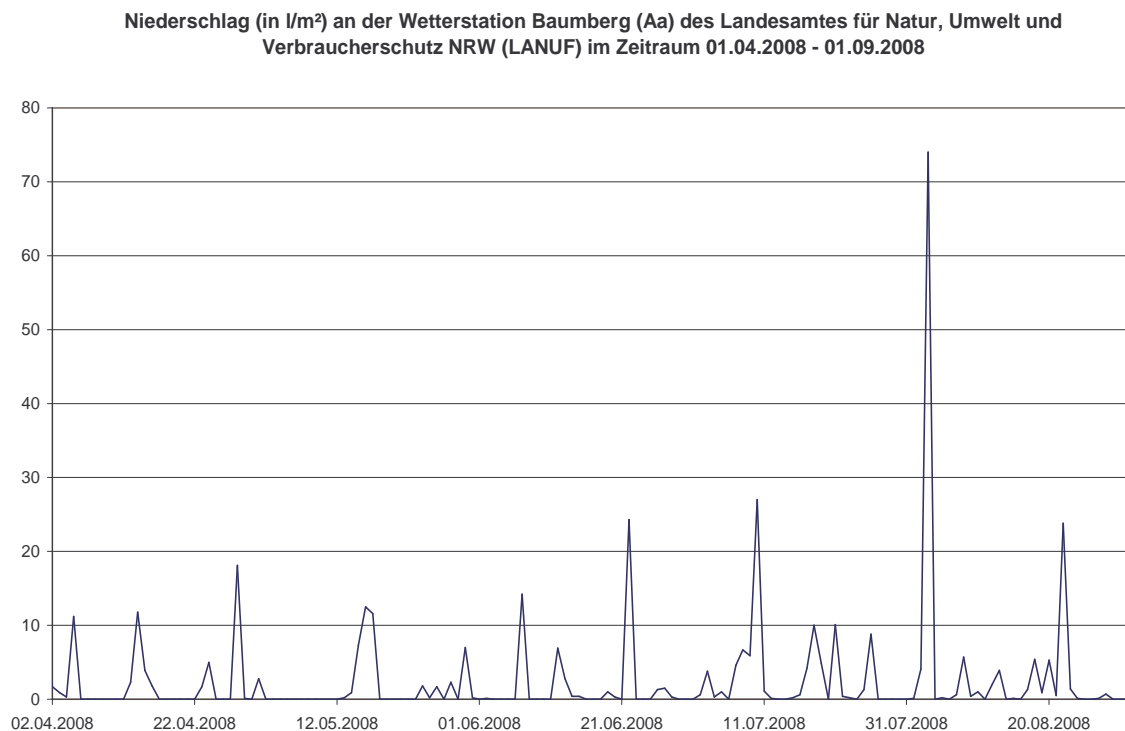


Abbildung 3: Die Niederschlagskurve zeigt eine große Zahl von sehr kurzen, aber z. T. sehr ergiebigen Niederschlagsereignissen (Spitzenwert: 74 mm/m³ in der Nacht vom 3. auf den 4. Aug. 2008)

Abflussmenge (in l/s) im Jahr 2008 der Aa an der Roxeler Straße während der Dosierung von Eisen-III-chlorid (Datenquelle: 2x tägliche Messungen von Abflussgeschwindigkeit und Abflussquerschnitt)

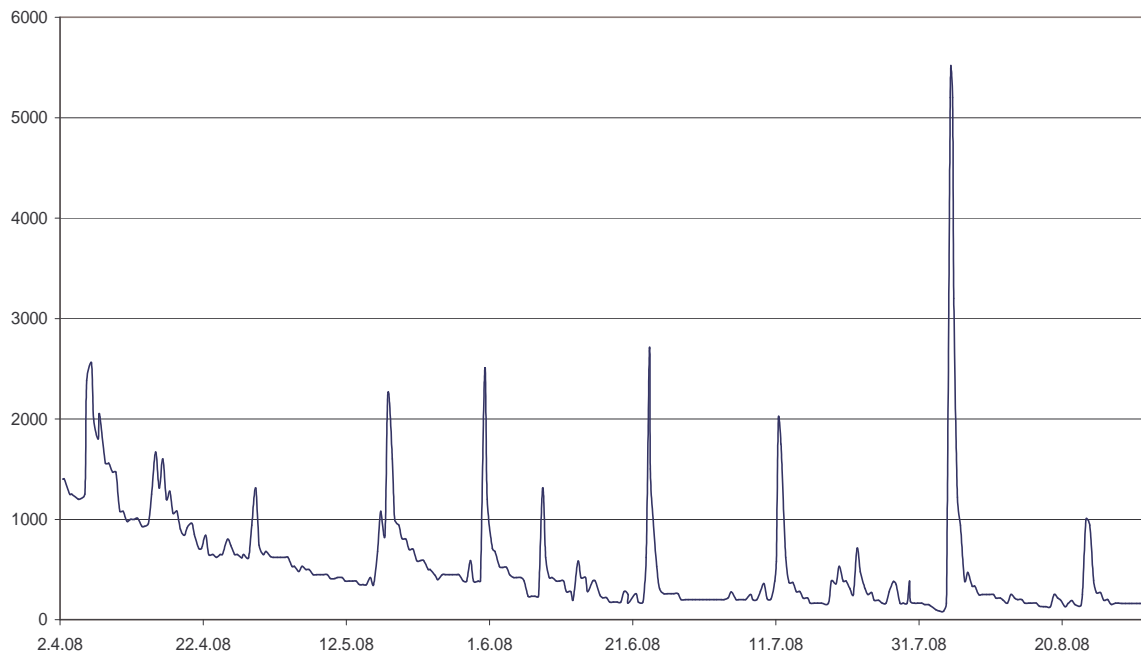


Abbildung 4: Die Kurve der gemessenen Abflussmengen zeigt die Umsetzung der kurzzeitigen aber meist heftigen Niederschläge im Einzugsgebiet (obere Aa).

Extremes Beispiel: In der Nacht vom 3. zum 4. August fielen an der Messstation des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV-NRW) in den Baumbergen 74 mm/qm Regen. Am Abend des 3. August (20 Uhr) wurde von uns nur eine Abflussmenge in der Aa von 165 l/s gemessen und danach die Eisen-III-Dosierung eingestellt. Am nächsten Morgen (8 Uhr) führte die Aa dann 5200 l/s. Die Abflussmenge war also über Nacht um fast den Faktor 32 gestiegen.

Jetzt kommt die technische Unzulänglichkeit ins Spiel. Da sowohl die Abflussmessungen als auch die Einstellung der entsprechenden Dosiermengen bislang quasi im „Handbetrieb“ durchgeführt wird, wurde im obigen Fall erst am Morgen mit stundenlanger Verspätung die Dosiermenge entsprechend der gestiegenen Wassermenge nachgeregelt.

Da mit solchen „Wasserstößen“ fast immer auch extreme Anstiege der Phosphat-Konzentration im Wasser der ankommenden Aa verbunden waren, in diesem Fall auf 0,58 mg GP/l, schlug der negative Effekt stark auf den Aasee durch.

Wie in den meisten ähnlich gelagerten Fällen dieses Sommers gab es unmittelbar danach aber wieder eine längere Pause bei den Niederschlägen. Die Abflussmenge der Aa sanken abrupt und die in den Aasee eingeflossenen Phosphatmengen ließen sich über die Dosierung bzw. über größere Mengen von nachgeschicktem entphosphatetem Wasser nicht wieder einholen und kompensieren. Es dauerte geraume Zeit bis die Phosphatgehalte im Aasee durch Wasseraustausch wieder gesenkt werden konnten.

Was war Mitte August die Folge? Nach der plötzlichen Erhöhung des Phosphat-Gehaltes im Aasee vermehrten sich diverse Blaualgen. In diesem Fall waren es vor allem *Microcystis*-Arten. Diese sind gute Microcystin-Produzenten und so stiegen die Microcystinwerte in den folgenden 2 Wochen auf knapp über 10 µg/l an. Erst danach wurde deren Wachstum durch das langsam nachströmende, wieder richtig behandelte (entphosphatete) Aa-Wasser wieder gebremst, die Giftkonzentrationen sanken wieder auf das alte sehr niedrige Niveau.

Noch deutlicher erkenn- und messbar verlief ein solcher Störfall in der Nacht vom 22. auf den 23. Juni 2008. Hier kam es im gesamten oberen Einzugsgebiet der Aa in den späten Abendstunden zu heftigen Niederschlägen, die Abfluss-Welle stieg über Nacht abrupt auf ca. 3220 l/s und war am frühen Morgen schon wieder deutlich abgesunken, als die Dosierung nachgeregelt werden konnte (8 Uhr 2700 l/s und 10.40 Uhr nur noch knapp 1500 l/s; s. Abb. 4). Nach grober Schätzung waren zwischendurch über 100 000 m³ Wasser nahezu unbehandelt in den Aasee gelangt. Die bis hinein in den „Neuen Aasees“ am 23. Juni 2008 gemessenen P-Werte (bis 0,63 mg P/l) verdeutlichen den enormen Einstrom von Phosphat.

Auch in diesem Fall kam es auch hier zu einer starken Vermehrung von Cyanobakterien. Diesmal waren es aber nicht *Microcystis*-Arten, die sich vermehrten, sondern *Aphanizomenon*-Arten. Diese waren schon zuvor in geringen Mengen im Aasee zu finden und vermehrten sich nun nach dem Phosphat-Stoß rapide und bildeten dann eine regelrechte Blüte aus. Erst nachdem der ortho-Phosphat-Gehalt nach 2-3 Wochen wieder abgesenkt war, klang diese Blüte langsam wieder ab.

Was bedeutete dies diesmal für den Aasee? In der Graphik „Microcystin-Gehalt“ (s. Abb. 2) bildet sich diese Cyanobakterien-Blüte nur vergleichsweise schwach ab. Microcystin stieg kaum über 1 µg/l.

Laut Literatur sind *Aphanizomenon*-Arten keine allzu starken Microcystin-Produzenten, was sich hier bestätigte. Allerdings stehen sie in Verdacht, noch andere z. T. sehr gefährliche Toxine bilden zu können. Dieser Vermutung wurde von uns anhand von Proben aus dem alten Aasee vom 7.-14. Juli 2008 mit neuen speziellen ELISA-Testverfahren nachgegangen.

Leider bestätigte sich dabei der bereits in bestimmten Publikationen geäußerte Verdacht. Es wurden deutliche Mengen des starken Lebergiftes Cylindrospermopsin gemessen und zusätzlich noch Saxitoxin. Letzteres ist eines der stärksten der bislang bekannten Nervengifte. Von beiden wurden zwar im Aasee nur Konzentrationen gemessen, die nur bis 1 µg/l gingen, es ist aber z. Zt. nicht möglich, den Gefährdungsgrad für Mensch und Tier abzuschätzen, der von diesen Giften im Einzelnen ausgeht. Vor allem aber kann nicht gesagt werden, was ein Gift-Cocktail verursachen kann, der, wie im vorliegenden Fall, aus mindestens drei sehr unterschiedlichen, sehr potenten Giften besteht, die für sich alleine schon äußerst gefährlich sind. Jedenfalls kann z. Zt. nur zur Vorsicht geraten werden.

Ein weiteres hatte dieses Aufblühen von *Aphanizomenon*-Arten zur Folge. Vor allem im Alten Aasee trieben diese Blaualgen sehr stark auf und bildeten schließlich sogar Aufrahmungen auf der Wasseroberfläche (sogenannte Scums), die dann vom Wind vor den Aasee-Treppen zusammengetrieben wurden, bei wechselndem Wind dann auch an und unter die neuen Aasee-Terrassen.

Im Laufe der folgenden Tage verfärbten sich diese Cyanobakterien-Ansammlungen und nahmen eine sehr auffällige türkis-blaue Farbe an (s. Abb. 5). Wenig später ging dann von den Aufrahmungen darüber hinaus noch ein sehr intensiver und äußerst unangenehmer Geruch aus.



Abbildung 5: Der Aasee färbte sich infolge der Blüte von Aphanizomenon-Arten ab dem 5. Juli 2008 türkisblau. Die Cyanobakterien trieben dabei auf und bildeten „Scums“ vor den Treppen.

Eine solche Geruchsbelästigung durch türkis-blaue Cyanobakterien-Ansammlungen ist in den letzten Jahren am Aasee nicht beobachtet worden. 2000-2001, d. h. weit vor dem Beginn der Behandlung des Aasees, traten Aufrahmungen von Cyanobakterien mit Geruchsbelästigung aber schon mal im Bereich des Segelclubs Hansa auf und führte damals zu Beschwerden der Anrainer. Dass Cyanobakterien-Blüten zu erheblicher Geruchsbelästigung führen können, ist zudem bereits in einer Reihe von Literaturstellen belegt.

Abschießende Betrachtung

Bei einem Blick auf den gesamten Untersuchungs- und Behandlungszeitraumes des Jahres 2008 (April-Oktober) ist aber – trotz der beiden geschilderten „Störfälle“ - festzuhalten, dass wirklich große und durchgängige Cyanobakterien-Blüten, wie sie vor 2005 regelmäßig im Aasee auftraten, auch in 2008 verhindert werden konnten. Dabei ist besonders wichtig, dass 2008 im Aasee, bis auf einen ganz kurzen Zeitraum (s.o.), die Toxingehalte (Microcystin-Gehalte) nie den Wert von 1 µg/l überschritten. Dies ist der Wert, der von der WHO als Grenzwert für Trinkwasser angegeben wird. Die kurzfristig Überschreitung Mitte August 2008 auf ca. 10 µg/l muss zwar erwähnt werden, nach derzeitiger amtlicher Beurteilung (s.

Verlautbarungen des UBA) geht aber hiervon noch keine Gefährdung aus, bei der Maßnahmen zu ergreifen wären, vor allem die Nutzung des Sees als Freizeitgewässer nicht (oder noch nicht) einzuschränken ist. Zudem, im Vergleich zu den Toxingehalten die bis zum Beginn der Therapiemaßnahmen 2005 im Aasee gemessen wurden oder die wir in anderen Gewässern unserer Region in 2008 gemessen haben, war der kurzfristig aufgetretene Wert von 10 µg/l noch nicht als kritisch einzuordnen.

Auch rein gewässerökologisch gesehen wurde die Qualität des Aasees in 2008 wieder deutlich verbessert. Während in den Vergleichsjahren bis 2004 (ohne Therapiemaßnahmen) der Trophiegrad des Aasees nach den Kriterien der Landesarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA; 1999) als „hyperthroph“ eingestuft werden musste, lag er 2008 im Schnitt zwischen „eutroph 2 und polytroph 1“. Er war 2008 damit um mindestens zwei Trophiegrade verbessert. Bei ausschließlicher Betrachtung des Phosphat-Gehaltes sogar um drei Grade.

Bei der insgesamt positiven Einschätzung der Erfolge der Therapiemaßnahmen 2008 sollte aber dennoch bedacht werden, dass die Ergebnisse der diesjährigen Freilandversuche auch deutliche Hinweise erbracht haben, dass einiges verbesserungsbedürftig ist. Es sollte zügig versucht werden, potentielle Störfaktoren, die die Entphosphatung negativ beeinflussen können, auszuschließen oder ihnen technisch angemessen entgegen zu wirken, damit Störungen durch Cyanobakterien, wie sie oben beschrieben sind, möglichst nicht erneut wieder auftreten.

Was könnte/sollte konkret unternommen werden, um diese auszuschalten, bzw. zu minimieren?

Zum ersten ist die in den letzten Jahren beobachtete strukturelle und gewässerökologische Verschlechterung der renaturierten Aa zu nennen. Dieser fortlaufende Prozess sollte sobald als möglich durch geeignete Maßnahmen begegnet werden, nicht zuletzt auch zum Nutzen des eigentlichen Aasees. Unserem Wissen nach sind hier aber schon die ersten Schritte in die richtige Richtung eingeleitet.

Zum zweiten müssen weiterhin die direkten Zuflüsse zum Aasee-Komplex im Auge behalten werden. Hier sollten Maßnahmen in Betracht gezogen werden, die die Wasserqualität der zufließenden Gewässer verbessert, vor allem sollte deren Phosphat-Gehalt gesenkt werden. Von der Wassermenge und dessen Belastung mit Phosphat steht hier sicherlich der Komplex Gievenbach/Zookanal mit seinem offensichtlich wieder intensiver genutzten landwirtschaftlichen Umfeld im Vordergrund.

Die auffälligste Störung der Therapiemaßnahmen ging aber 2008, wie oben schon beschrieben, von den wiederholten heftigen Niederschlägen aus, die kurzzeitig sehr starken Abflussspitzen führten. Da die Messungen der Abflussmengen und die davon direkt abhängende Dosierung des Eisen-III-Präparates bislang quasi im Handbetrieb durchgeführt werden, gelangten wiederholt vor allem nachts z. T. große Wassermengen mit hohen Phosphatgehalten nahezu unbehandelt in den Aasee. Dies hatte die oben beschriebenen Folgen, die in Zukunft soweit wie möglich vermieden werden sollten.

Hier bietet sich folgendes an:

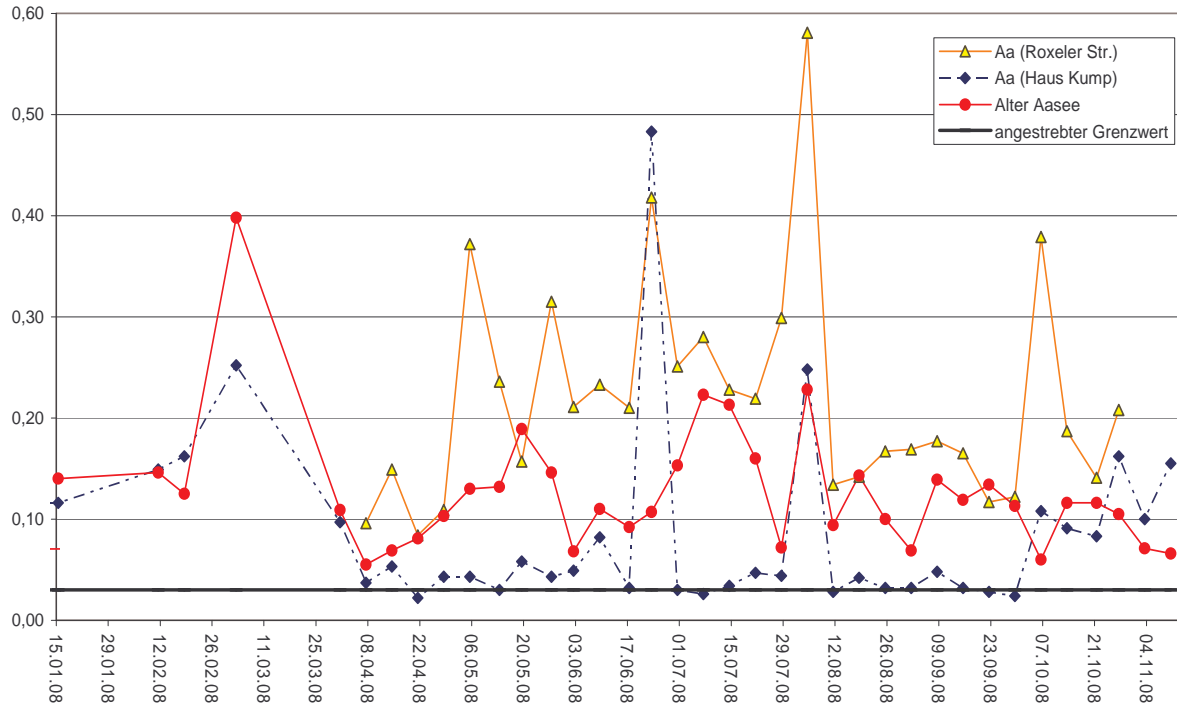
Als erstes muss der vorhandene Pegel mit einer Messtechnik ausgestattet werden, die entsprechend dem jeweiligen Wasserstand differenzierte Signale abgibt, die dann zu einer speziellen Steuerungstechnik geleitet werden. Diese Technik muss zunächst in der Lage sein, die jeweiligen Pegelwerte auf die jeweiligen Abflussraten der Aa umzurechnen. Entsprechend den zuvor eingegebenen Werten für die jeweils notwendige Dosiermenge, muss dann von diesem System die Dosierpumpe für des Eisen-III-chlorid gesteuert werden. Unsere kontinuierlichen mehrjährigen Wasserstands- und Abflussmessungen an der Aa in Kombination mit den kontinuierlich am Pegel aufgezeichneten Wasserständen (des StUAs bzw. der LANUV) stellen dabei eine gute Grundlage für die Programmierung des Steuerungsystems für die Dosierpumpe dar. Von uns wurde aus allen verfügbaren Daten bereits eine entsprechende Eichkurve erstellt.

Damit sind in diesem Papier zunächst einem die wichtigsten Befunde und die Folgerungen, die daraus zu ziehen sind, aufgeführt. Alle anderen Ergebnisse sind den angehängten Abbildungen zu entnehmen. Im Detail sind alle Ergebnisse,

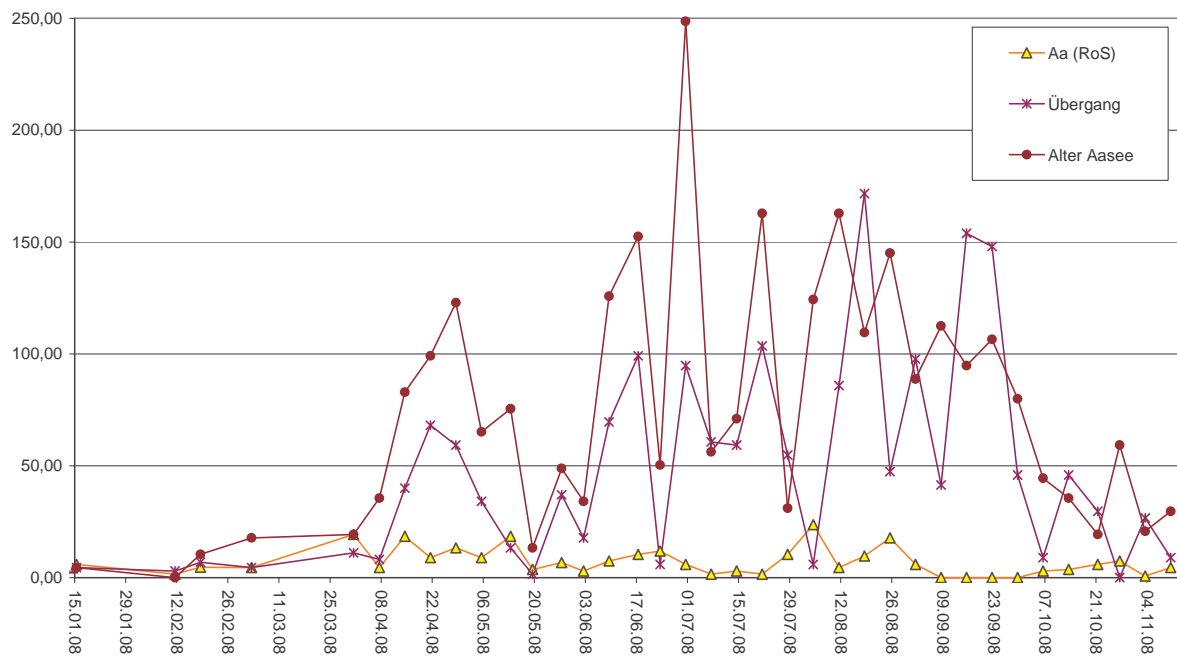
Beobachtungen und Befunde ebenfalls beigefügten Tabellenwerk zusammengestellt. Dass diese nicht alle textlich ausführlich abgehandelt werden, darf aber nicht so interpretiert werden, dass sie für die Beurteilung des Freilandversuches „nicht ganz so wichtig sind“. Letztlich ermöglicht erst eine Gesamtansicht aller Parameter eine möglichst genaue Beurteilung der durchgeführten Maßnahmen und des jeweiligen Zustandes der Aa und des Aasees.

Anhang

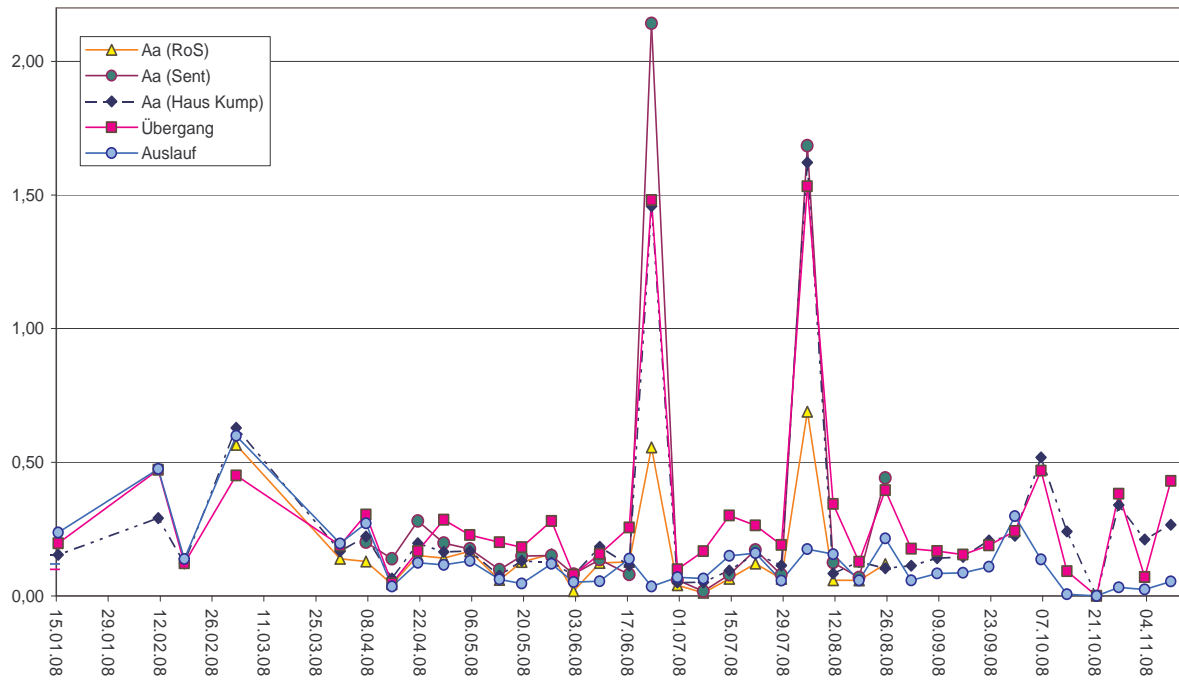
Gesamt-Phosphat-Gehalte von Aa und Aasee, März-November 2008 (in mg/l PO₄-P)
 (Grenzwert nach AGA-NRW: 0,300 mg/l PO₄-P - Gesamtphosphat)



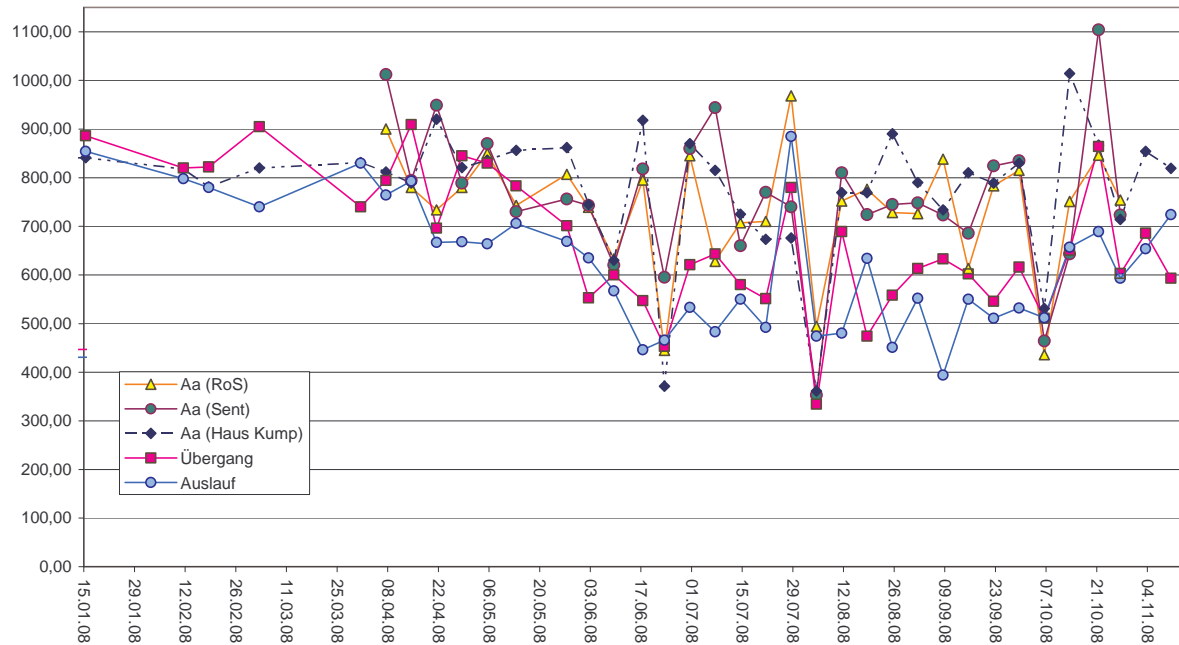
Chlorophyll a -Gehalte von Aa und Aasee, Januar - November 2008 (in µg/l)



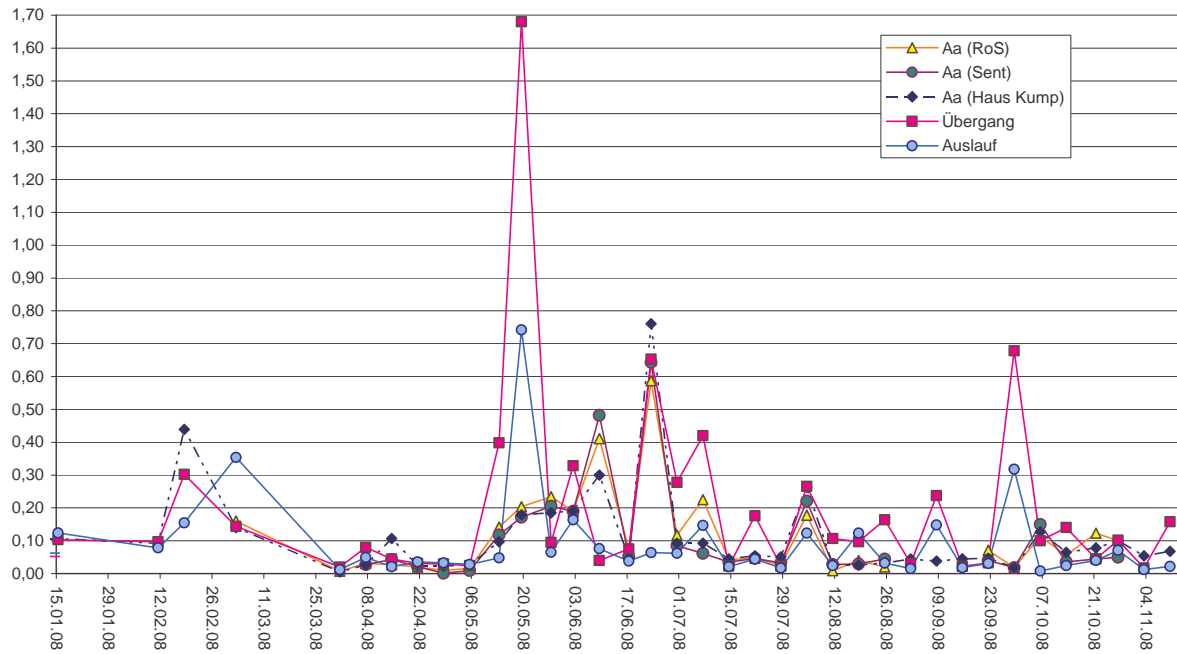
Eisen-Gehalt von Aa und Aasee, Januar - November 2008 (in mg/l)



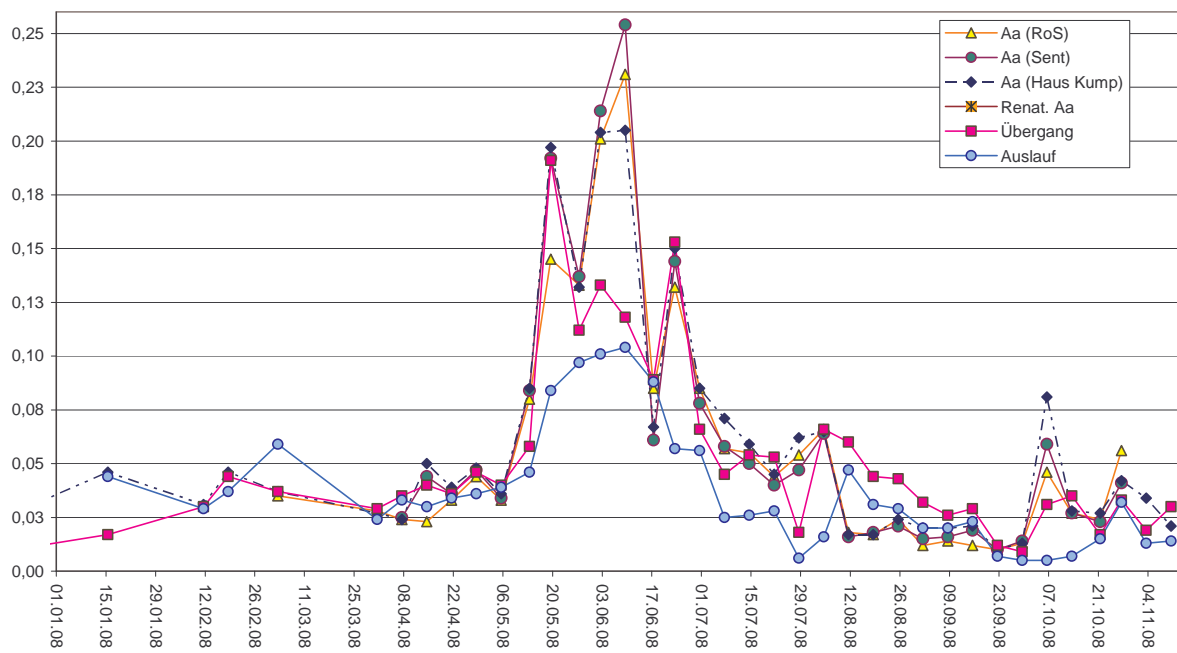
Leitfähigkeit von Aa und Aasee, Januar-November 2008 (in $\mu\text{S}/\text{cm}$)



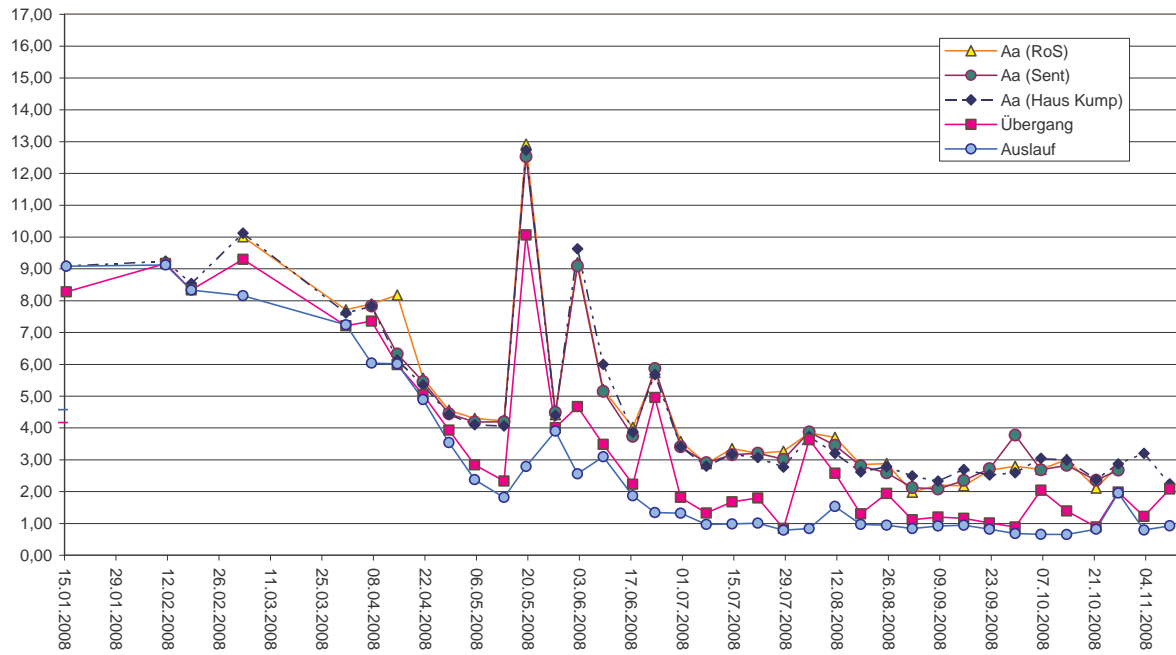
Ammonium von Aa und Aasee, Januar-November 2008 (in mg N/l)



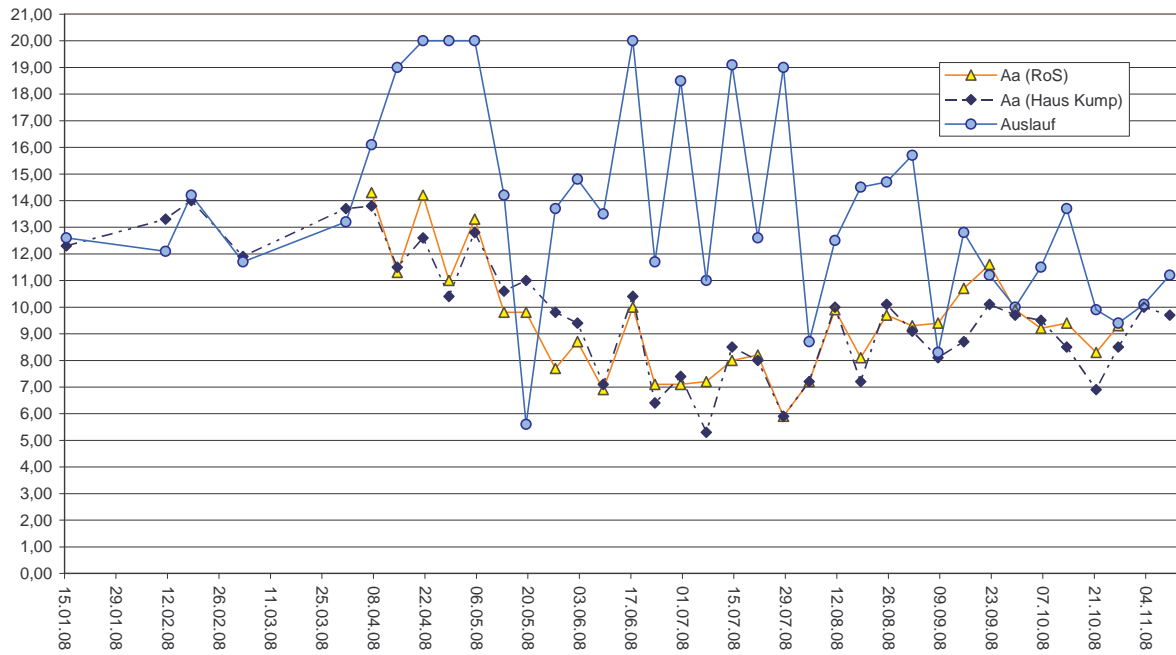
Nitrit-Gehalt von Aa und Aasee, Januar-November 2008 (in mgN/l)



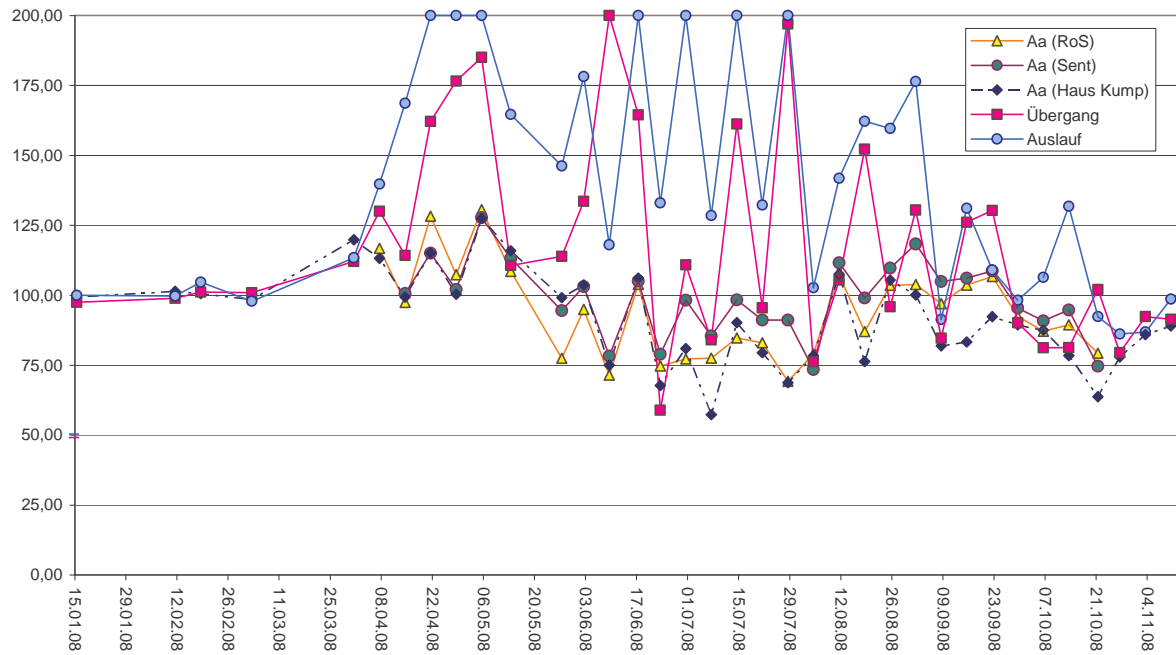
Nitrat -Gehalte von Aa und Aasee, Januar-November 2008 (in mgN/l)



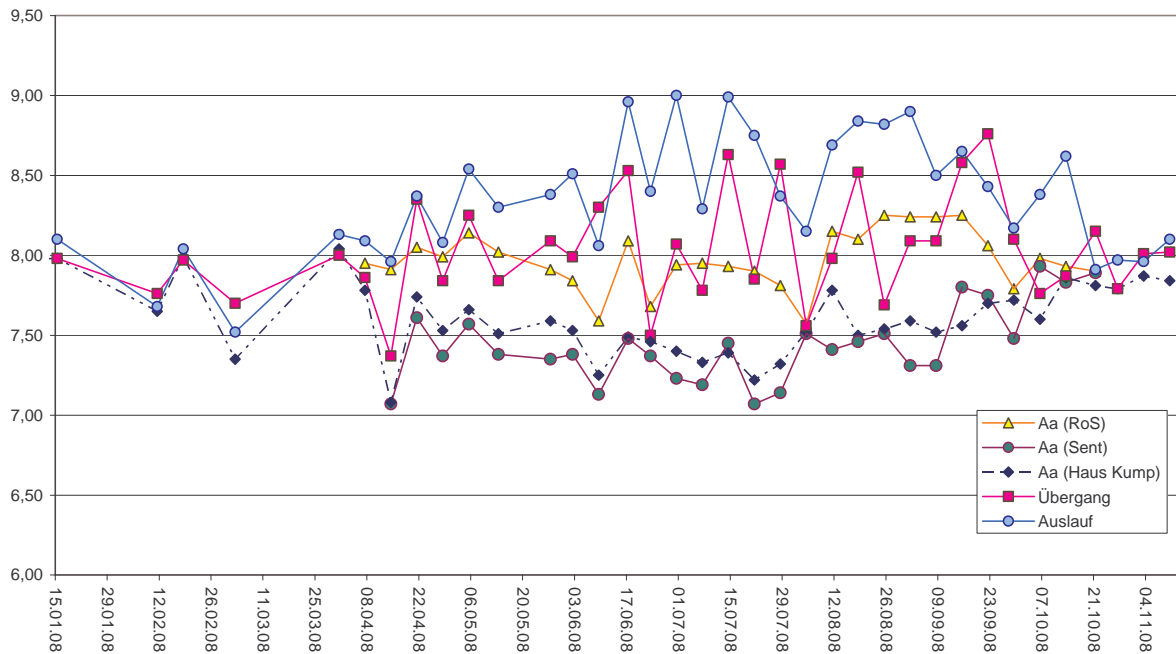
O2-Gehalt von Aa und Aasee, Januar-November 2008 (in mg/l)



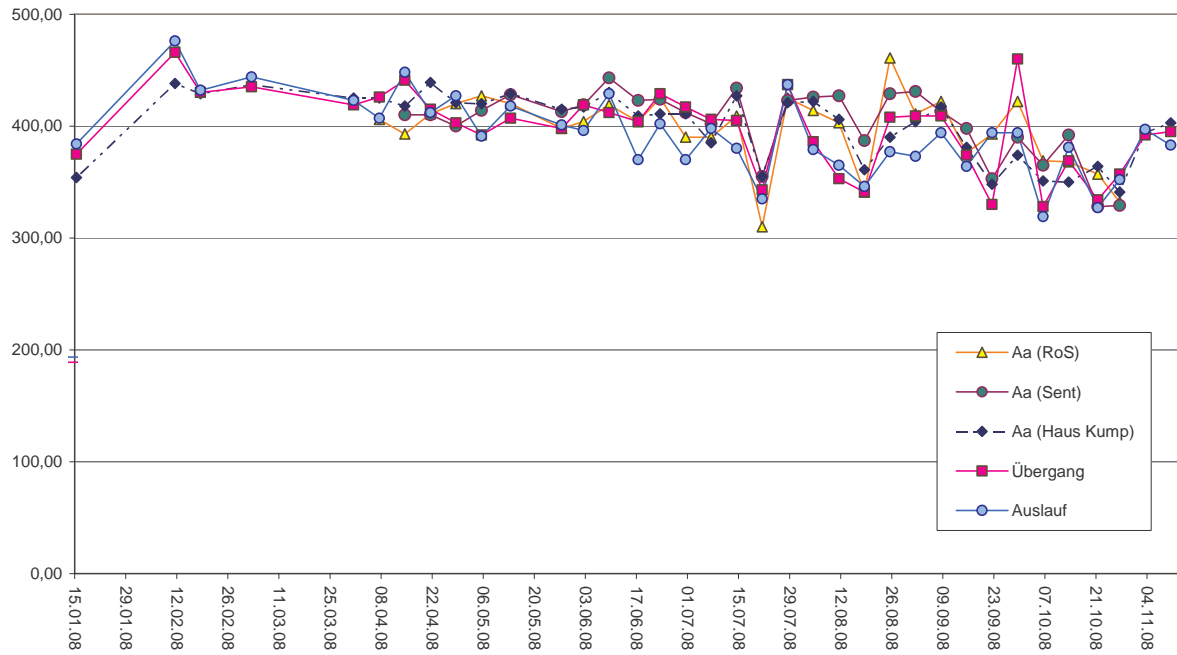
Sauerstoffsättigung (in %) von Aa und Aasee, Januar-November 2008



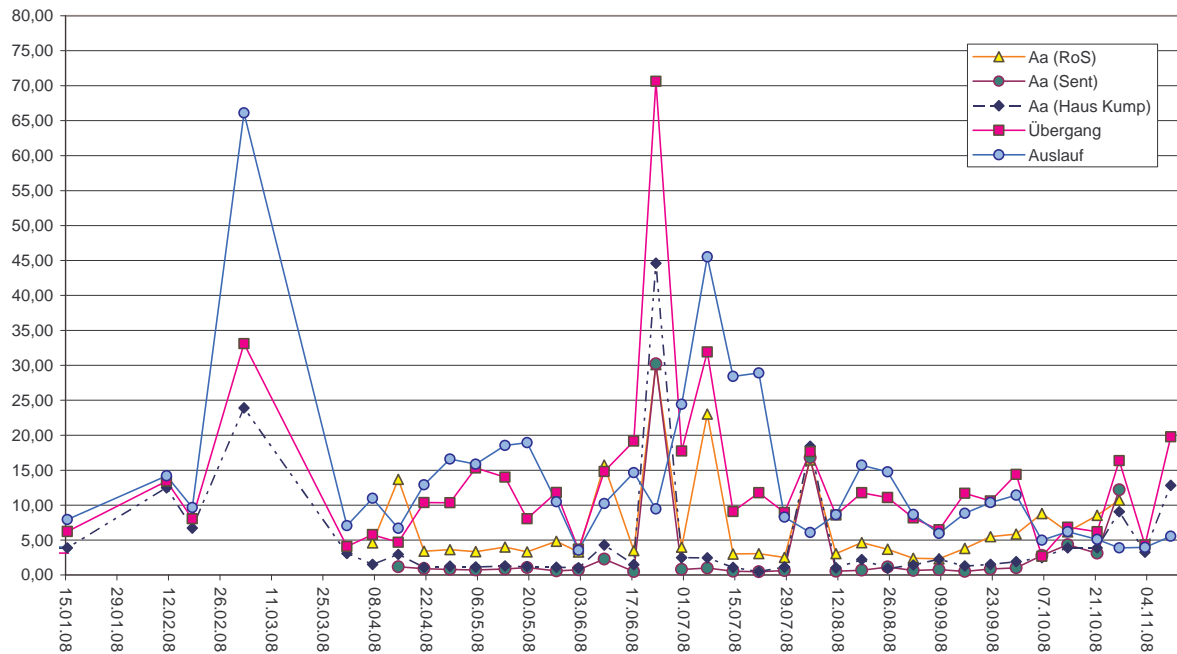
pH-Wert von Aa und Aasee, Januar-November 2008



Redoxpotential von Aa und Aasee, Januar-November 2008 (in mV)



Trübung von Aa und Aasee, Januar-November 2008 (in FNU)



Sichttiefe des Aasees, Januar-November 2008 (in cm)

