



# **Blaualgenblüte in der Alster**

## **Ursachenanalyse und Lösungsvorschläge**

**Beate Baier, Robert Dannenberg und Udo Rohweder**

**Februar 2010**



**Institut für Hygiene und Umwelt**

Hamburger Landesinstitut für Lebensmittelsicherheit  
Gesundheitsschutz und Umweltuntersuchungen

**Impressum:**

Herausgeber: Freie und Hansestadt Hamburg  
Behörde für Soziales, Familie, Gesundheit und Verbraucherschutz  
Institut für Hygiene und Umwelt  
Marckmannstraße 129 a/b  
20539 Hamburg  
Internet: [www.hamburg.de/hu](http://www.hamburg.de/hu)

Autoren: Dr. Beate Baier, Robert Dannenberg, Dr. Udo Rohweder  
Institut für Hygiene und Umwelt  
Bereich Umweltuntersuchungen  
Abteilung Wasseruntersuchungen  
E-Mail: [beate.baier@hu.hamburg.de](mailto:beate.baier@hu.hamburg.de)  
Tel.: (040) 42845-3868  
E-Fax: (040) 42794-8869

Stand: Februar 2010

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Senats der Freien und Hansestadt Hamburg herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum

Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bürgerschafts-, Bundestags- und Europawahlen sowie Wahlen zur Bezirksversammlung. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Die genannten Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann, auf welchem Wege und in welcher Anzahl die Druckschrift dem Empfänger zugegangen ist. Den Parteien ist jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung der eigenen Mitglieder zu verwenden.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1 EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>2 URSACHENANALYSE.....</b>	<b>2</b>
3.1 HAUPTINFLUSSFAKTOREN.....	2
3.2 PHOSPHOR- QUELLEN .....	5
3.3 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND ERSTE LÖSUNGSANSÄTZE.....	10
<b>3 PHOSPHORMESSPROGRAMM 2010 .....</b>	<b>11</b>
<b>LITERATUR</b>	

# 1 Einleitung

In den letzten Jahren, so auch im Sommer 2009, kam es wiederholt zu einem massenhaften Auftreten von Algen in Binnen- und Außenalster. Bei diesen Algen, die meist vom Wind im Uferbereich zusammengetrieben und dadurch mit bloßem Auge als blaugüne Schicht sichtbar wurden, handelte es sich überwiegend um Cyanobakterien („Blualgen“).

Die Cyanobakterien traten 2009 erstmals Anfang Juni in sehr geringen Konzentrationen auf (unter 1 µg/l Blualgen-Chlorophyll). Bis Mitte Juli stiegen die Konzentrationen dann auf bis maximal 8 µg/l an. Kurz vor dem Triathlon wurde in der Binnenalster ein Maximalwert von 9,3 µg/l ermittelt. Am 29.7. fanden sich im freien Wasser dann Konzentrationen von 13 bis 35 µg/l Blualgen-Chlorophyll. In den Uferbereichen waren fast flächendeckend dichte Algenteppiche zu beobachten, in denen die Konzentrationen weit über 100 µg/l lagen. Aufgrund der anhaltenden sommerlichen Witterung haben sich die Cyanobakterien weiterhin stark vermehrt, so dass Anfang August auch im Freiwasser von Außen- und Binnenalster hohe Blualgen - Chlorophyllkonzentrationen (13 - 65 µg/l) gemessen wurden. Die Situation hat sich erst Anfang September mit dem Einsetzen kühlerer Witterung entspannt.

Cyanobakterien können eine Vielzahl von Wirkstoffen bilden, mit sehr unterschiedlichen und z.T. stark toxischen Wirkungen – die sogenannten „Cyanotoxine“. Die mikroskopische Untersuchung ergab, dass es sich bei den in der Binnen- und Außenalster aufgetretenen Algen überwiegend um Blualgen der Gattungen *Microcystis* (Abb. 1), *Planktothrix* und *Aphanizomenon* handelte. Diese Blualgen können Microcystin bilden, das bei empfindlichen Personen zu Haut- und Schleimhautreizungen, Bindehautentzündungen und Ohrenschmerzen führen kann. Beim massenhaften Verschlucken dieser Algen kann es zu Übelkeit und Erbrechen kommen (UMWELTBUNDESAMT, 2003). Auch allergische Reaktionen können auftreten (TÖRÖK et al., 2001). Akute Leberschädigungen durch Cyanotoxine sind für Haus- und Nutztiere sowie wild lebende Tiere einschließlich Fische und Vögel ebenfalls vielfach beschrieben worden (z. B. MALBROUK & KESTEMONT, 2006).

Das Umweltbundesamt empfiehlt daher eine Warnschwelle von 40 µg/l Chlorophyll für Vorsorgemaßnahmen. Vom Baden in belasteten Bereichen ist bei Überschreiten dieses Wertes abzuraten, Kleinkinder und auch Hunde und andere Haustiere sollten von den Uferbereichen fern gehalten werden.

Aufgrund der gesundheitlichen Gefährdung und der Auswirkung auf die Gewässerfauna ist es wünschenswert, einem alljährlichen Auftreten einer Blualgenblüte in Binnen- und Außenalster entgegenzuwirken. In diesem Kurzbericht sollen daher anhand langjähriger Messreihen des HU Ursachen und mögliche Lösungsansätze umrissen werden.

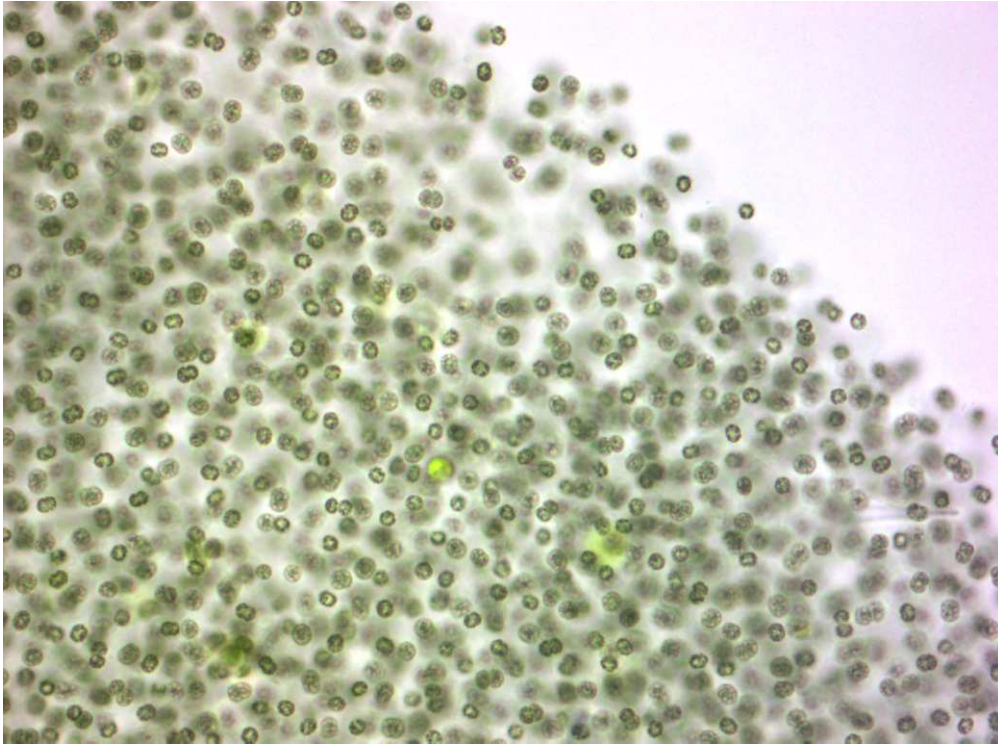


Abb. 1: *Microcystis* sp. (Vergrößerung 400-fach).

## 2 Ursachenanalyse

Blualgen treten zu jeder Jahreszeit in geringen Konzentrationen in stehenden und langsam fließenden Gewässern auf, vermehren sich aber besonders stark in den Sommermonaten. Kommen dann noch hohe Nährstoffgehalte und günstige Witterungsbedingungen hinzu, kann es innerhalb kurzer Zeit (je nach Nährstoffgehalt sowie Größe und Lage des Gewässers innerhalb von Tagen oder auch Stunden) zur Massenvermehrung kommen.

### 2.1 Haupteinflussfaktoren

Die wesentlichen abiotischen Einflussfaktoren auf das Cyanobakterien-Wachstum stellen Wassertemperatur, Lichtverfügbarkeit und Nährstoffverhältnisse dar.

Cyanobakterien haben ein höheres Temperaturoptimum als andere Algengruppen und treten daher in unseren Breiten in der Regel erst bei sommerlichen Temperaturen vermehrt auf (DOKULIL & TEUBNER, 2000). Sie haben außerdem geringere Lichtansprüche als andere Algen und damit einen Vorteil in trüben, polymiktischen Seen (SCHEFFER et al. 1997).

Gasblasenbildende Gattungen wie beispielsweise *Microcystis* favorisieren stabile Wasserkörper mit wenig Strömung und Turbulenzen (DOKULIL & TEUBNER, 2000). Diese Gasblasen ermöglichen den Cyanobakterien den Auftrieb an die Wasseroberfläche, wo Wind und Wellen sie zu Algenteppichen zusammentreiben und sie zur sogenannten Algenblüte aufraffen.

In erster Linie bestimmen aber die Nährstoffverhältnisse und hier insbesondere die Phosphor-Konzentration das Blaualgenwachstum. Blüten der meisten Arten treten erst in einem fortgeschrittenen Eutrophierungsstadium auf (LAMPERT & SOMMER, 1993; REYNOLDS & PETERSEN, 2000). Als Schwellenwert gelten hier 0,02-0,03 mg/l Gesamt-P (PICK & LEAN, 1987), in stabil geschichteten Wasserkörpern kommt es auch schon ab 0,01 mg/l Gesamt-P zu einer Massenvermehrung (STEINBERG & HARTMANN, 2006).

Auch wenn die Phosphorbelastung der Außenalster aufgrund verschiedenster Sanierungsmaßnahmen (u. a. Alsterentlastungskonzept) in den letzten 20 Jahren zurückgegangen ist (Abb. 2), hat sich die Nährstoffsituation mit Gesamt-Phosphorkonzentrationen von 0,07-0,2 mg/l (Datengrundlage 2007-2009) noch nicht ausreichend verbessert.

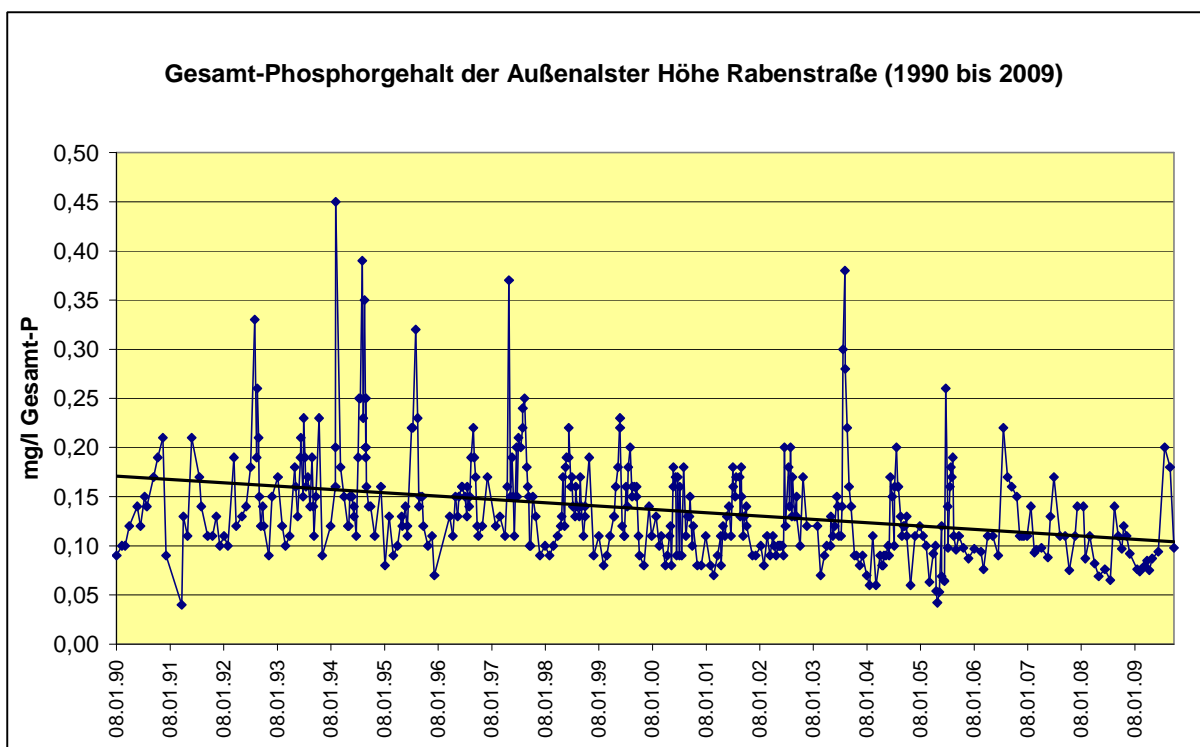


Abb. 2: Gesamt-Phosphorkonzentration in der Außenalster von 1990 bis 2009.

Bei Außen- und Binnenalster handelt es sich um ein durch Aufstau entstandenes künstliches Gewässer, das mit einer mittleren Wasseraufenthaltszeit von neun Tagen mit dem Stehgewässertyp 12 „Fluss-See“ (polymiktisch, Aufenthaltszeit 3-30 Tage) (MATHES et al., 2005) vergleichbar ist. Eine Trophieeinschätzung kann daher näherungsweise anhand der Trophieklassifikation für polymiktische Seen erfolgen (Trophiebewertung nach LAWA, 1998) Diese Klassifikation im Trophiesystem erfolgt bei polymiktischen Seen anhand der Gesamt-Phosphorkonzentration im Frühjahr (März-April) sowie dem Sommermittelwert (Mai-September) der Gesamt-Phosphorkonzentration, des Chlorophyll a-Gehaltes und der Sichttiefen. Diese Einzelindizes werden dann gewichtet zu einem Gesamtindex verrechnet. Danach handelt es sich bei Außen- und Binnenalster heute um polytrophe Gewässer (Abb.

3), die sich durch eine sehr hohe Produktion aufgrund einer guten Nährstoffverfügbarkeit sowie mehrfach im Jahr auftretende Algenmassenvermehrungen verbunden mit geringen Sichttiefen auszeichnen.

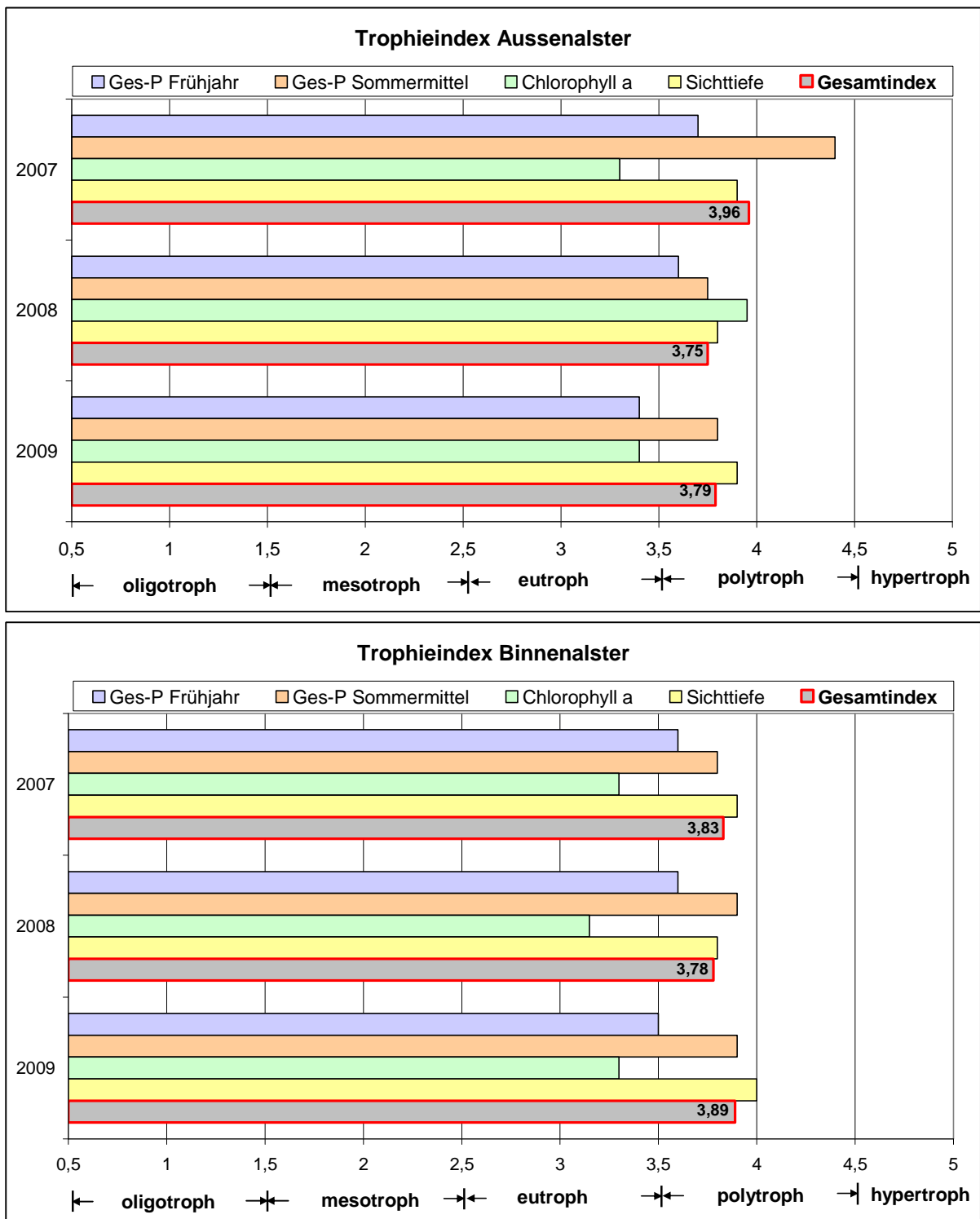


Abb. 3: Trophiebewertung nach LAWA (1998) von Außen- und Binnenalster anhand der Gesamt-Phosphorkonzentration im Frühjahr sowie dem Sommermittelwert der Gesamt-Phosphorkonzentration, des Chlorophyll a Gehaltes und der Sichttiefen.

## 2.2 Phosphor-Quellen

Die Hauptzuflüsse in die Außenalster sind die Alster mit ihren Nebengewässern sowie Wandse und Osterbek. Anhand der geschätzten Abflussdaten 2008 (Tab. 1 und 2) wird deutlich, dass die Außenalster ihr Wasser im Wesentlichen von Oberer Alster (Bezug Landesgrenze), Ammersbek und Tarpenbek sowie der Wandse erhält.

Diese zur Verfügung stehenden Abflussdaten stellen allerdings nur eine grobe Hochrechnung dar, die auf Pegelständen an ausgewählten Standorten und der Größe des jeweiligen Einzugsgebiets basieren. Dabei werden weder der unterschiedliche Versiegelungsgrad der Einzugsgebiete noch zusätzliche Abflussmengen über Sieleinlässe berücksichtigt. Auch regional eng begrenzte Regenereignisse, wie sie beispielsweise bei Sommergewittern auftreten, werden nicht unbedingt dem "richtigen" Gewässer zugeordnet. Für eine erste Abschätzung, über welche Pfade der Hauptabfluss und die Hauptphosphormenge in die Außenalster gelangt, sind diese Hochrechnungen aber sicherlich ausreichend.

*Tab. 1: Mittlerer Abfluss 2008 der Außenalster-Zuflüsse basierend auf Hochrechnungen, die sich aus dem Pegelstand an ausgewählten Standorten und dem daraus berechneten Abfluss pro km<sup>2</sup> des Gewässer-Einzugsgebietes ergeben (Daten zur Verfügung gestellt von Herrn Korytko, BSU).*

Gewässer	MQ 2008 [l/s]	Anteil am Gesamtabfluß
Alster inkl. Nebengewässer	4460	86 %
Wandse	694	13 %
Osterbek -Kanal	54	1 %

*Tab. 2: Mittlerer Abfluss 2008 der Alster und ihrer Nebengewässer basierend auf Hochrechnungen, die sich aus dem Pegelstand an ausgewählten Standorten und dem daraus berechneten Abfluss pro km<sup>2</sup> des Gewässer-Einzugsgebietes ergeben (Daten zur Verfügung gestellt von Herrn Korytko, BSU).*

Gewässer	MQ 2008 [l/s]	Anteil am Gesamtabfluß
Alster an Landesgrenze	1568	35 %
Ammersbek	1293	29 %
Diekbek	112	3 %
Mellingbek	121	3 %
Minsbek	27	0,5 %
Susebek	57	1,5 %
Drosselbek	28	0,5 %
Rodenbek	12	0,5 %
Bredenbek	182	4 %
Lottbek	90	2 %
Tarpenbek	822	18 %
Isebek-Kanal	148	3 %

Die Phosphorbelastung von Alster, Ammersbek, Tarpenbek und Wandse zeigt in den letzten 20 Jahren eine leicht abnehmende Tendenz (Abb. 4-7). Auch werden Spitzenbelastungen seltener und die Spitzenwerte liegen dann auf einem niedrigeren Niveau. Dennoch wird



anhand der Langzeitmessreihen und der Übersicht der Jahresmittelwerte 2007 und 2008 deutlich, dass sowohl Obere Alster als auch Ammersbek und Wandse auch heute immer noch hoch mit Phosphor belastet sind. Der Orientierungswert für diese Fließgewässertypen (Schwellenwert für den Übergang vom guten zum mäßigen Zustand lt. LAWA-Rahmenkonzeption, 2007) von 0,1 mg/l Gesamt-P im Jahresdurchschnitt wurde hier 2007 und 2008 überschritten (Abb. 8). Auch die Tarpenbek kann aktuell noch nicht als gänzlich unbelastet gelten, dennoch liegen die Phosphorgehalte mit 0,07 mg/l Gesamt-P im Jahresmittel hier deutlich niedriger. In Diekbek und Isebekkanal wurden 2007 und 2008 ebenfalls hohe Phosphorgehalte festgestellt. Aufgrund des vergleichsweise geringen Abflusses sollen diese Gewässer aber zunächst nicht weiter betrachtet werden.

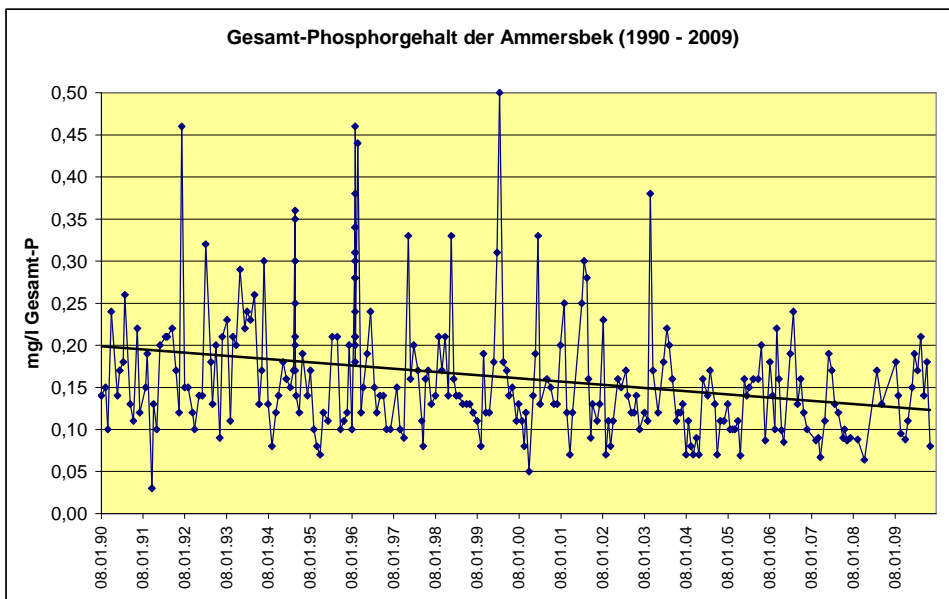


Abb. 4: Gesamt-Phosphorkonzentrationen 1990 - 2009 der Ammersbek (Landesgrenze).

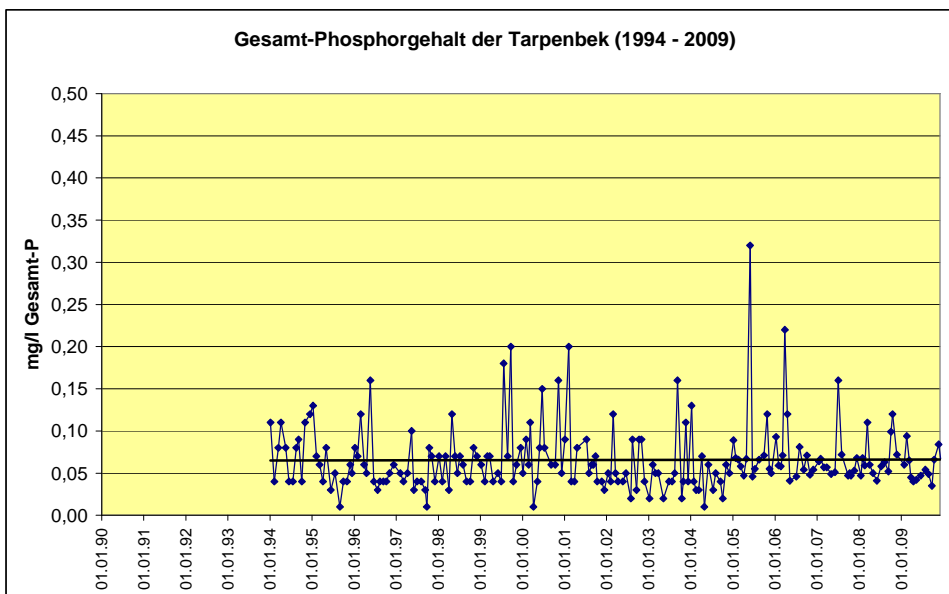


Abb. 5: Gesamt-Phosphorkonzentrationen 1994 - 2009 der Tarpenbek (Rosenbrookbrücke).

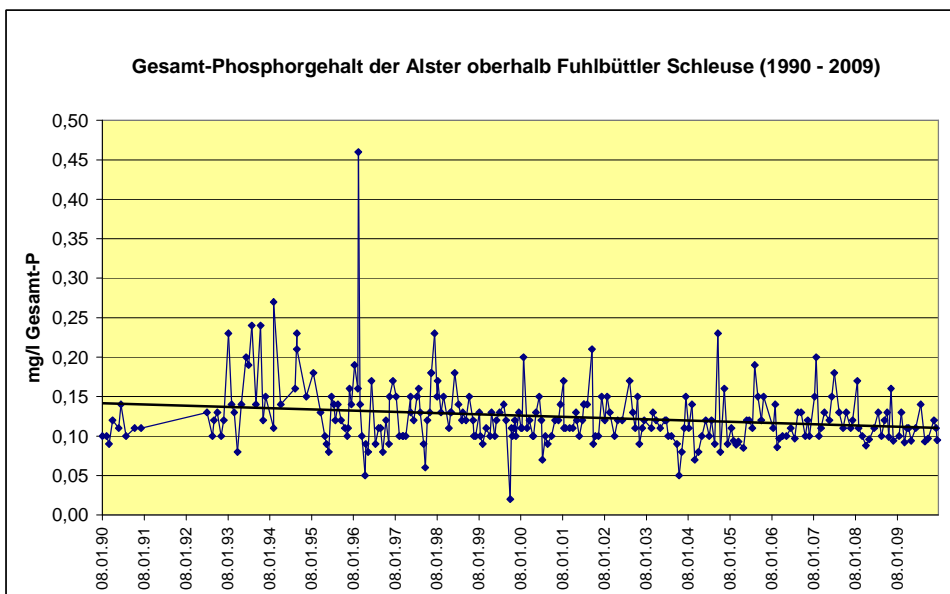
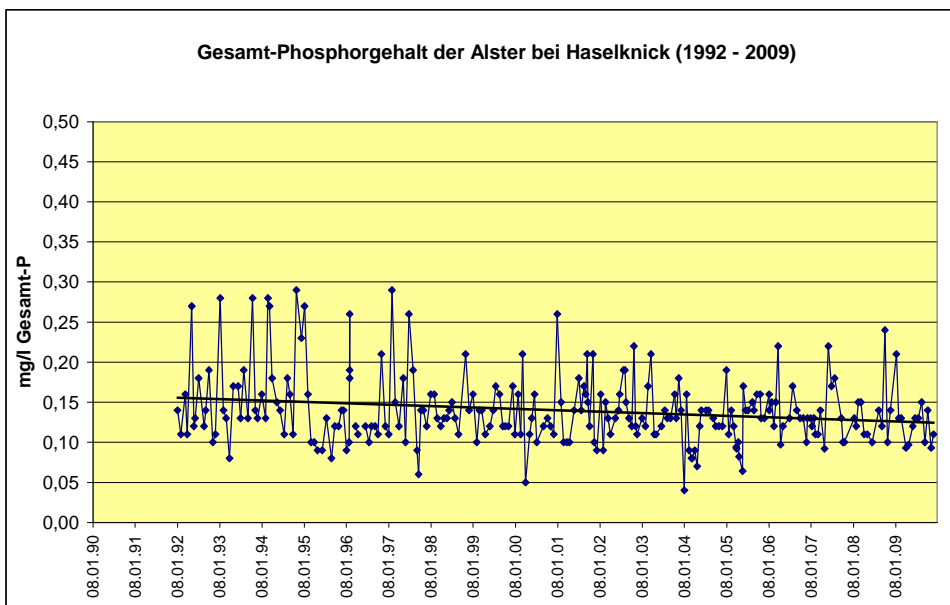
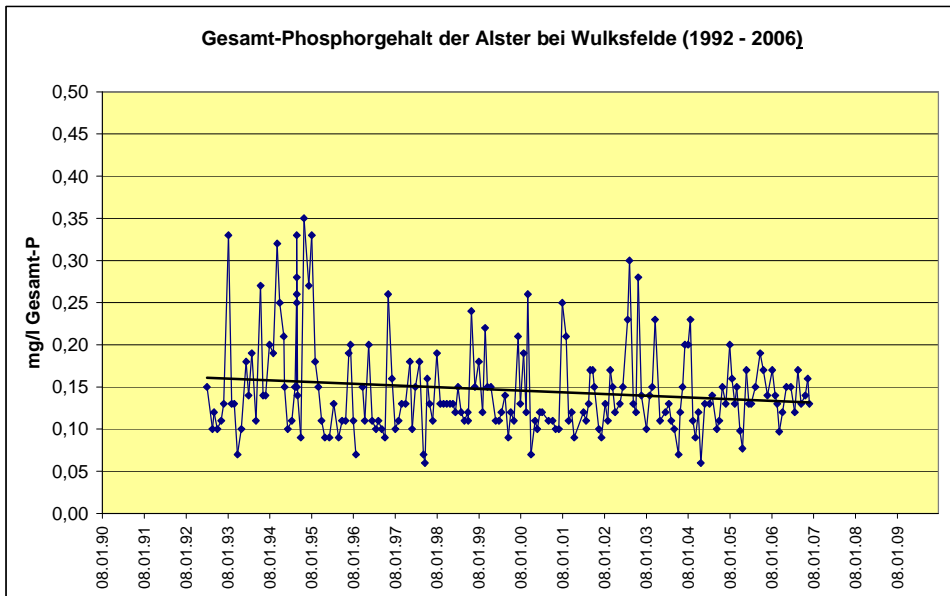


Abb. 6: Gesamt-Phosphorkonzentrationen 1990 - 2009 der fließenden Alster von der Landesgrenze (Wulksfelde) über Haselknick bis zur Fuhlsbüttler Schleuse.

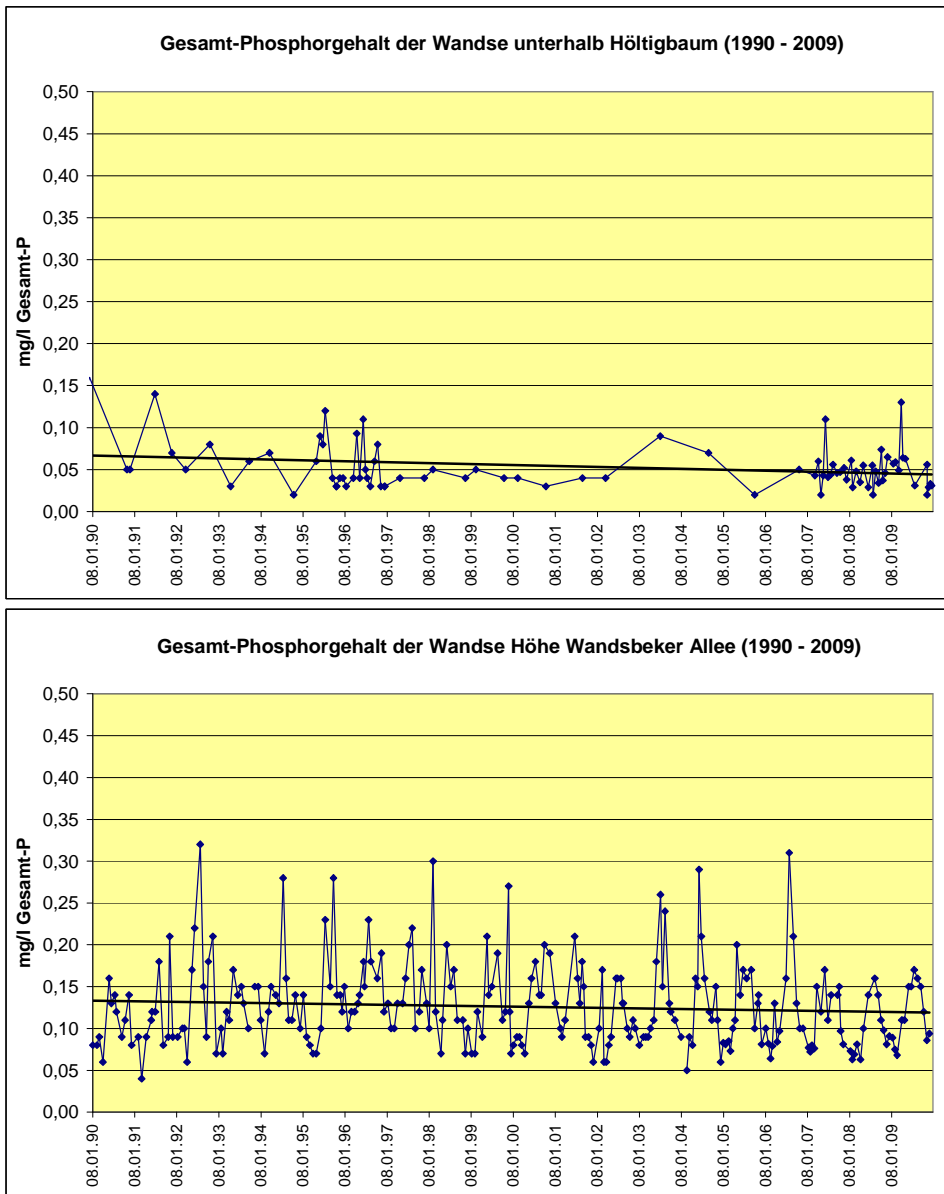


Abb. 7: Gesamt-Phosphorkonzentrationen 1990 - 2009 der Wandse unterhalb Höttingbaum und Höhe Wandsbeker Allee.

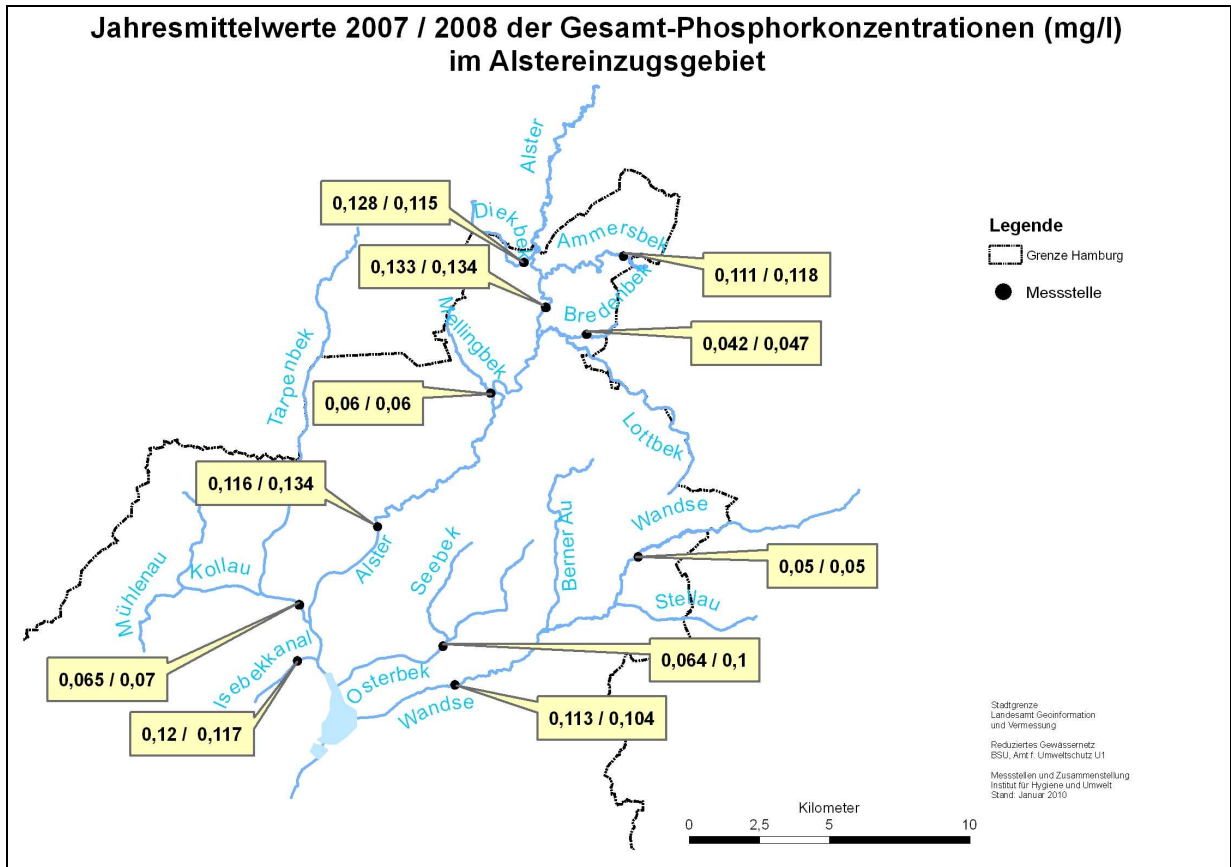


Abb. 8: Jahresmittelwerte 2007 und 2008 der Gesamt-Phosphorkonzentrationen an ausgewählten Messstellen in Wandse, Osterbek sowie der Alster und ihren Nebengewässern.

Als Ursache der Phosphorbelastung in Gewässern sind punktuelle und diffuse Einträge zu betrachten. Punktquellen für Phosphoreinträge sind in erster Linie Kläranlagen (Schwörbel, 1987; Lampert & Sommer 1993; Hilton et al. 2006), industrielle Direkteinleiter, Sieleinlässe und Fehlanschlüsse.

Einträge aus Landwirtschaft, Kleingärten, Grundstücksentwässerung, Bodenabschwemmung und der Abfluss über versiegelte Flächen stellen diffuse Quellen dar, wobei Phosphoreinträge aufgrund von Düngung eher im Frühjahr (dabei besonders gewässerverfügbar: Gülle) und Sommer (überwiegend mineralische Düngung) stattfinden und andere Eintragsquellen die Gewässer ganzjährig belasten. Eine weitere Phosphorquelle besteht wahrscheinlich in der Remobilisierung von im Sediment der Außenalster festgelegtem Phosphor.

Die Phosphorkonzentration der Alster bleibt auf der Strecke zwischen Landesgrenze und Fuhsbüttler Schleuse im Fließverlauf annähernd gleich (Abb. 6). Obwohl Phosphor sicherlich in den langsam fließenden oder gestauten Gewässerabschnitten insbesondere in den Sommermonaten in Biomasse umgesetzt und nach dem Absterben der Biomasse z. T. im Bereich von Kanälen, Schleusen und Teichen festgelegt wird (Nährstoff- und Sedimentfallen), sorgen Rücklöse- und Transportvorgänge langfristig aber dafür, dass der Phosphor weiter flussabwärts gelangt. Zusätzlich wird im Fließverlauf weiterer Phosphor über verschiedenste Quellen (Ammersbek, Tarpenbek, Isebekkanal, kleinere Nebengewässer, Sieleinlässe, Fehlanschlüsse etc.) in die Alster eingetragen.

Dagegen nimmt die Phosphorkonzentration der Wandse auf der Strecke zwischen Hötigbaum und Wandsbeker Allee deutlich zu (Abb. 7). Während der durchschnittliche Gesamt-Phosphorgehalt in der Oberen Wandse 2007 und 2008 bei 0,05 mg/l lag, wurden in der Unteren Wandse im Jahresdurchschnitt mit 0,11 bzw. 0,10 mg/l doppelt so hohe Werte gemessen.

### **2.3 Schlussfolgerungen und erste Lösungsansätze**

Der vorliegende Kurzbericht stellt eine erste Abschätzung dar, über welche Pfade die Hauptphosphormenge in die Außenalster gelangt und dort bei sommerlichen Temperaturen zu einer Blaualgenblüte führt. Eine korrekte Frachtenberechnung ist anhand von monatlichen Messwerten und geschätzten Abflussdaten allerdings nicht möglich.

Auch wenn ein Großteil der Phosphorfracht bei Starkregenereignissen in die Gewässer gelangt und diese Ereignisse sicherlich bei 12 Messungen pro Jahr nur zufällig erfasst werden, lässt die Betrachtung der Daten über einen Zeitraum von 20 Jahren doch folgende Schlussfolgerungen zu:

- Die Hauptphosphorbelastung gelangt über Alster, Ammersbek und Wandse in die Außenalster
- Sowohl Alster als auch Ammersbek weisen schon an der Landesgrenze hohe Gesamt-Phosphorkonzentrationen auf
- Die Wandse ist an der Landesgrenze nur gering mit Phosphor belastet, Eintragsquellen sind auf Hamburger Gebiet zu suchen.

Kurzfristig ist eine Verhinderung der Blaualgenblüte in Binnen- und Außenalster sicherlich nicht zu realisieren, da der Phosphor-Schwellenwert für eine Massenentwicklung sehr niedrig liegt (vgl. Kap. 2.1) und sich ein Erfolg von Sanierungsmassnahmen erst nach längerer Zeit zeigen wird. Langfristig kann einem alljährlichen Auftreten der Blaualgenblüte in der Außenalster nur entgegengewirkt werden, wenn der Gesamt-Phosphorgehalt von Außen- und Binnenalster deutlich reduziert wird, was außerdem dem Beschluss zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie entspräche, die Phosphorfracht in die Elbe zu reduzieren. Dies ist nachhaltig nur über eine länderübergreifende Reduzierung der Phosphoreinträge in die Hauptzuflüsse zu erreichen. Je nach Gegebenheiten vor Ort ist dies durch Reduzierung der Abwassereinleitungen aus Kläranlagen, Direkteinleitern, Sielen sowie Fehlanschlüssen, Reduzierung der Einleitungen des Regenabflusses von bebauten Flächen oder durch Änderung der landwirtschaftlichen Praktiken zu erzielen.

### 3 Phosphormessprogramm 2010

Welchen Anteil Einträge aus Kläranlagen, Sielen, Landwirtschaft etc. jeweils an der Phosphorbelastung der einzelnen Gewässer haben, ist anhand der derzeit vorhandenen Datenlage nur schwer zu differenzieren. Einen ersten Beitrag zur Ermittlung von Phosphoreintragsquellen und somit zur möglichen Reduzierung der Phosphoreinträge in die Fließgewässer soll das Phosphormessprogramm 2010 des HU leisten.

2010 wird der Nährstoffgehalt im Gewässer an zwei Schwerpunkten monatlich untersucht (Abb. 9). Ein Schwerpunkt ist dabei die obere Alster mit Ammersbek und Diekbek. Die Messstelle bei Wulksfelde, von der die letzten Daten aus dem Jahr 2006 vorliegen, wird wieder in das Messprogramm aufgenommen.

Der zweite Schwerpunkt liegt an der Wandse, da die Eintragsquellen hier überwiegend auf Hamburger Gebiet zu suchen sind und Hamburg hier mit entsprechenden Maßnahmen eine Phosphor-Reduzierung erreichen kann. An insgesamt 10 Messstellen an Wandse, Berner Au, Stellmoorer Quellfluss, Stellau und Neustädter Graben wird der Phosphorgehalt monatlich erfasst, um auf diese Weise die Phosphorquellen in die Wandse zwischen Höltigbaum und Wandsbeker Allee besser eingrenzen zu können.

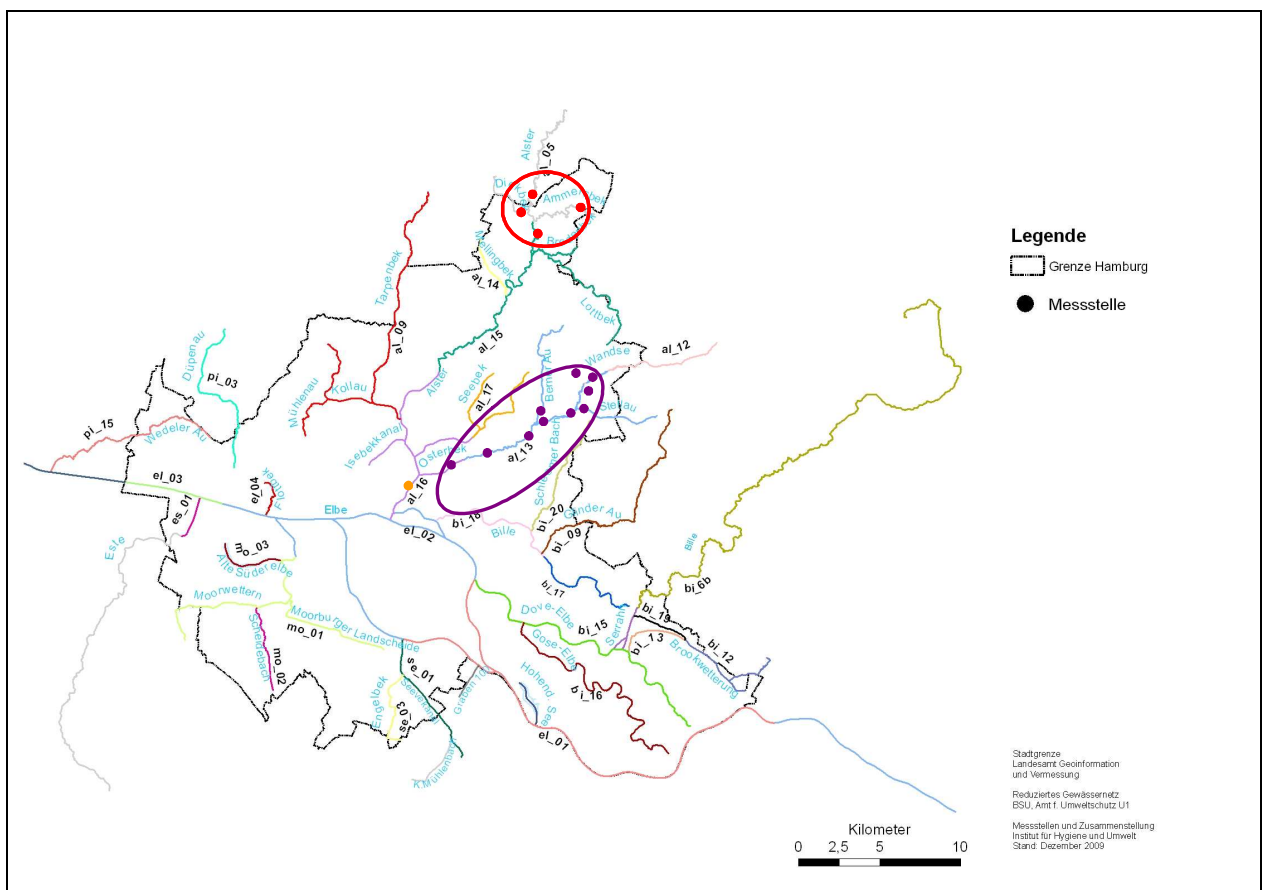


Abb. 9: Phosphormessprogramm 2010.

## Literatur

- Dokulil, M. T. & K. Teubner (2000): Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia* **438**: 1-12.
- Hilton, J., O'Hare, M., Bowes, M.J. & Jones, J.I. (2006): How green is my river? A new paradigm of eutrophication in rivers. *Science of the Total Environment*, **365**: 66-83.
- Lampert, W. & U. Sommer (2003): *Limnoökologie*, Thieme Verlag Stuttgart.
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1998): Gewässerbewertung stehende Gewässer: Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien.
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2007): Rahmenkonzeption zur Aufstellung von Monitoringprogrammen und zur Bewertung des Zustandes von Oberflächengewässern, Teil B, Stand März 2007.
- Malbrouck, C. & P. Kestemont (2006): Effects of microcystins on fish. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **25** (1): 72–86.
- Mathes, J., G. Plambeck & J. Schaumburg (2005): Die Typisierung der Seen in Deutschland zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. *Limnologie Aktuell*, **11**: 28-36.
- Pick, F. R. & D. R. S. Lean (1987): The role of macronutrients (C, N, P) in controlling cyanobacterial dominance in temperate lakes. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* **21**: 425-434.
- Reynolds, C. S. & A. C. Petersen (2000): The distribution of planktonic Cyanobacteria in Irish lakes in relation to their trophic states. *Hydrobiologia* **424**: 91-99.
- Scheffer, M., S. Rinaldi, A. Gragnani, L. R. Mur & E. H. van Nes (1997): On the dominance of filamentous of Cyanobacteria in shallow, turbid lakes. *Ecology* **78** (1): 272-282.
- Schwörbel, J. (1987): *Einführung in die Limnologie*, 6. Auflage, Gustav Fischer Verlag Stuttgart.
- Steinberg, C. E. W. & H. M. Hartmann (2006): Planktonic bloom-forming Cyanobacteria and the eutrophication of lakes and rivers. *Freshwater Biology* **20** (2): 279-287.
- Török A., A. Pálovics & M. Bánki M. (2001): Allergenic (sensitization, skin and eye irritation) effects of freshwater cyanobacteria-experimental evidence. *Environ. Toxicol.* **16**(6): 512-516.
- Umweltbundesamt (2003): Empfehlung zum Schutz von Badenden vor Cyanobakterien-Toxinen. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz* **46**:530–538.