

Dezember 2018

Entwicklung des Blankensees nach einer internen Phosphatfällung mit Bentophos

Der südöstlich von Lübeck gelegene Blankensee (Abbildung 1), ein Flachsee mit einer mittleren Tiefe von nur 1,6 m, gilt als einer der wenigen kalkarmen Seen Schleswig-Holsteins. Er liegt im Natura 2000-Gebiet „Grönauer Heide, Grönauer Moor und Blankensee“ und ist dem FFH-Lebensraumtyp 3130 „Oligo- bis mesotrophes stehendes Gewässer mit Vegetation der Littorelletea uniflorae (Strandlingsgesellschaften) und/oder der Isoeto-Nanojuncetea (Zwergbinsengesellschaften)“ zugeordnet.



Abbildung 1: Blankensee

Links: Blick auf das Nordufer mit Schwänen (Stuhr 2010); Rechts: Südostufer (Stuhr 2010)

Aufgrund seiner Lage inmitten einer ehemaligen Heide- und Moorlandschaft wird von ehemals nährstoffärmeren Verhältnissen ausgegangen. Regelmäßige physikalisch-chemische Untersuchungen (Landesamt (LLUR) und Hansestadt Lübeck) bescheinigten dem Blankensee seit 2006 jedoch einen stark nährstoffreichen Zustand (Abbildung 3). Die Bewertung des FFH-Lebensraumtyps ergab einen ungünstigen Erhaltungszustand (C).

Als Folge der übermäßig vorhandenen Nährstoffe bildeten sich intensive Algenblüten und treibende Grünalgenwatten (Abbildung 2), die den Stoffhaushalt des Sees nachhaltig beeinträchtigten.

Der Abbau der Biomasse hatte Sauerstoffmangel zur Folge und führte somit zu einer erheblichen Rücklösung des bereits im Sediment festgelegten Phosphats, das dann erneut zur Algenproduktion zur Verfügung stand (interne Düngung). Dadurch ergaben sich für den Blankensee von Jahr zu Jahr stark schwankende Verhältnisse hinsichtlich der Phosphorkonzentrationen (Abbildung 3, 2006 bis 2009) und auch der Entwicklung von Mikroalgen und der Unterwasservegetation. Der See wechselte zwischen planktondominierten (2006, 2008) und makrophytendominierten Zuständen (2007, 2009).



Abbildung 2: Links: Grünalgenwatten (Mahnelt 2006); Rechts: Einbringen von Bentophos (König 2009)

Das Einzugsgebiet war zwischenzeitlich saniert worden. Um eine nachhaltige Verbesserung des Seezustandes herbeizuführen, sollten die Phosphatfreisetzungen, die eine Folge der früher höheren Belastung (häusliches Abwasser, diffuse Einträge aus der Fläche, Enteisungsmittel Flughafen) waren, zukünftig verhindert und der makrophytendominierte Zustand stabilisiert werden. Daher wurde im November **2009 eine Phosphatfällung** im Blankensee durchgeführt und der Phosphor somit dauerhaft im Sediment festgelegt. Die Maßnahme erfolgte im Rahmen der Umsetzung der FFH-Richtlinie sowie der Wasserrahmenrichtlinie, da der Blankensee als Vorranggewässer der Kategorie C (Naturschutzsee) eingestuft ist. Aufgrund der geringen Pufferkapazität des Gewässers konnte die Maßnahme nur mit Bentophos[®], einer Mischung aus dem Tonmineral Bentonit und Lanthan, erfolgen (Abbildung 2, rechts), da bei herkömmlichen Fällungsmitteln (Eisen- oder Aluminiumsalzen) ein Einfluss auf den pH-Wert und somit negative Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften des Sees zu erwarten waren.

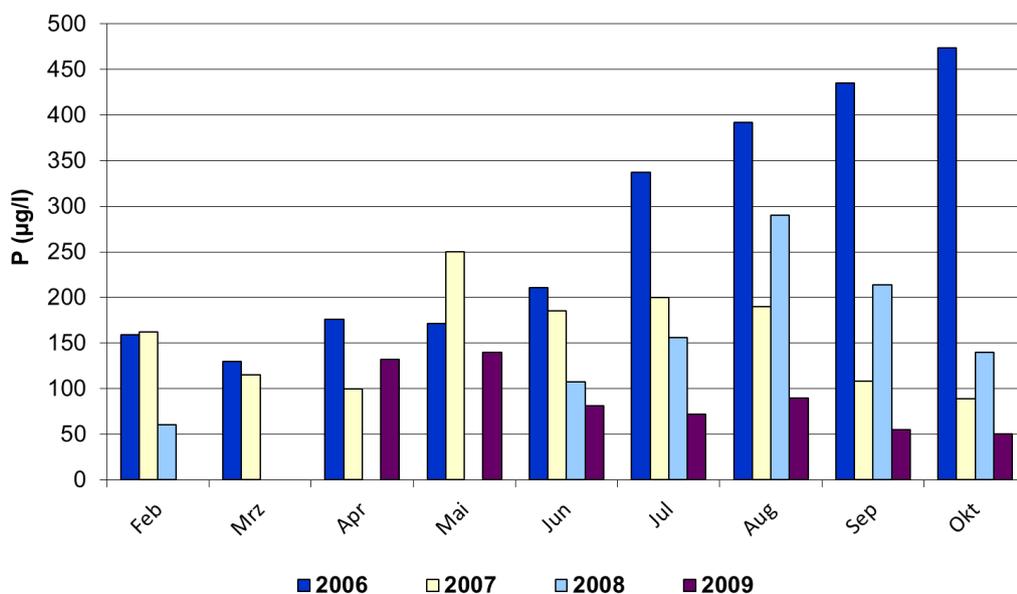


Abbildung 3: Gesamt-Phosphorkonzentrationen (µg/l) im Blankensee
Daten Umweltlabor Lübeck

Ziel der seeinternen Fällungsmaßnahme war es, einen günstigen Erhaltungszustand herbeizuführen, so dass im Frühjahr höchstens 30 µg/l Gesamtphosphor und während des Sommers eine mittlere Konzentration von höchstens 40 µg/l Gesamtphosphor im See vorhanden sind. Diese Vorgaben konnten größtenteils **2010** erreicht werden.

Zudem war die bisher starke Wassertrübung zugunsten eines „klaren Sees“ verschwunden. Dies war auch anhand einer geringen Primärproduktion im Wasser sichtbar mit Chlorophyll a-Konzentrationen (Abbildung 4), die während des Sommers (Mai bis September) im Mittel weniger als 10 µg/l Chl a betragen. Extreme Entwicklungen von Cyanobakterien und das Vorkommen fädiger Grünalgen wie in vorangegangenen Jahren blieben aus.

Damit war das erste Ziel erreicht: die Lebensbedingungen für die charakteristischen Unterwasserpflanzen des Blankensees wurden verbessert.

Die weitere Entwicklung des Blankensees wurde im Rahmen eines Monitorings durch physikalisch-chemische Untersuchungen sowie biologisch hinsichtlich der Lebensgemeinschaften Phytoplankton und Makrophyten auch in den darauf folgenden Jahren begleitet.

Während im ersten Jahr nach der Phosphatfällung die gesetzten Rahmenbedingungen weitgehend eingehalten werden konnten (vergl. Abbildung 5), lagen **2011** die Phosphorkonzentrationen im See im Frühjahr bei 50 µg/l und der sommerliche Mittelwert bei 48 µg/l.

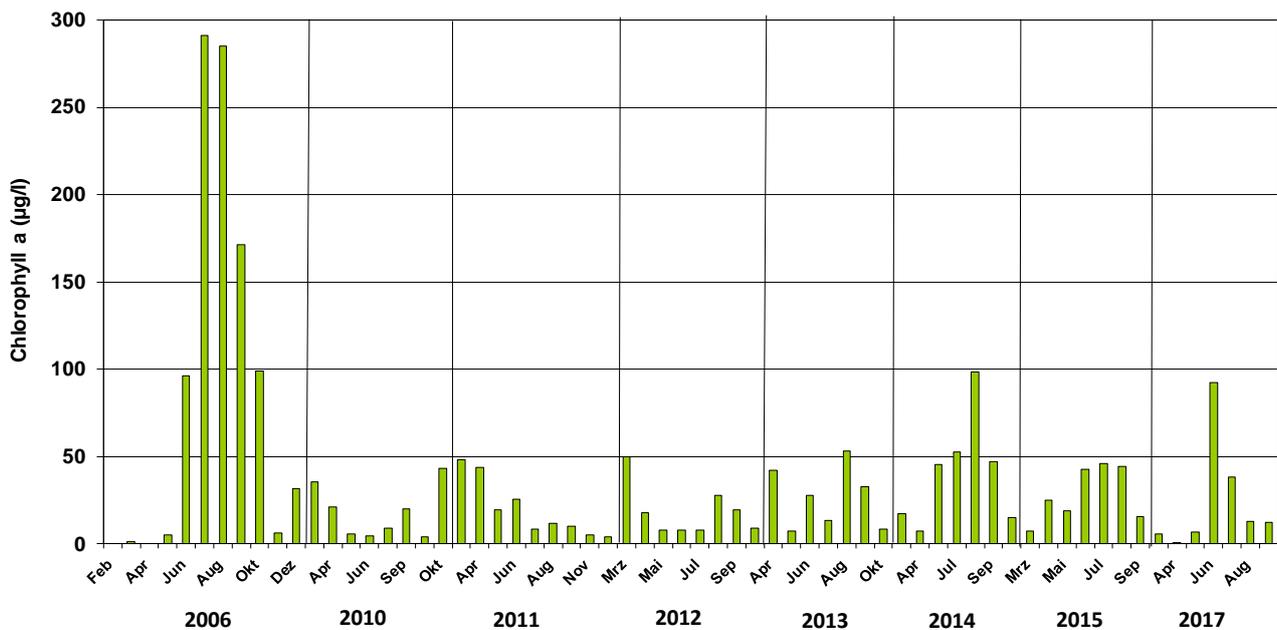


Abbildung 4: Chlorophyll a-Konzentrationen (µg/l) im Blankensee
Daten Umweltlabor Lübeck bzw. LLUR

Im Frühjahr **2012** hielt die Tendenz zu höheren Phosphorkonzentrationen mit 57 µg/l Gesamt-Phosphor (Abbildung 5) weiter an. Als sommerliche Mittelwerte stellten sich - ähnlich wie 2011 - Konzentrationen von 47 µg/l Gesamt-Phosphor und 18 µg/l Chl a ein (Tabelle 1). Fädige Grünalgen der Gattung *Spirogyra* (Abbildung 6) bedeckten große Bereiche beim Zulauf und im westlichen Teil des Sees. Insgesamt ergab sich jedoch für den Blankensee auch im dritten Jahr nach der Fällung noch ein schwach eutropher Zustand (e1).

2013 wurde die Trophiegrenze (Trophieindex 3,0) erstmalig überschritten. Verantwortlich dafür war eine sehr hohe Frühjahrskonzentration von 88 µg/l Gesamt-Phosphor sowie gestiegene Chlorophyll a-Konzentrationen. Dennoch pendelte sich während des Sommers die wünschenswerte Phosphorkonzentration von rund 40 µg/l ein (s.o.).

Das Jahr **2014** ragt mit durchweg hohen sommerlichen Phosphor- und Chlorophyllkonzentrationen (Spitzenwert im August 98 µg/l Chl a) heraus, dem höchsten Stand seit 2010. **2015** setzt sich der Trend zu einem Status höherer Trophie fort, bis Ende Juli waren die Phosphorkonzentrationen im See auf über 70 µg/l gestiegen.

Auch **2017**, im siebten Jahr nach der durchgeführten Maßnahme, wurden sommerliche Spitzenwerte von Phosphor (71 µg/l) und Chlorophyll a (93 µg/l) gemessen, im Jahresmittel gesehen, wurde jedoch - wie zuletzt 2012 – rechnerisch die Trophiegrenze nicht überschritten.

Die vor allem jahreszeitlich teils stärkeren Schwankungen der Chlorophyllkonzentrationen (siehe auch Planktonbiovolumen, Abbildung 7) sind typisch für sehr flache Gewässer, in denen die Witterung besonders starken Einfluss hat, z.B. hohe Peaks im Sommer 2014 und 2017. Auch die erhöhten Phosphorkonzentrationen in den Jahren 2011, 2012 und 2013 zu Jahresbeginn (und auch 2015 und 2017 im Sommer) könnten auf verschiedene meteorologische Einflüsse zurückzuführen sein, die sich in dem kleinen Blankensee(volumen) relativ stark auswirken. So ist es z.B. im Frühjahr 2011 möglicherweise zu Nährstoffeinträgen gekommen, die auf Zustrom oder Abschwemmungen von gewässernahen Flächen infolge von Niederschlägen zurückzuführen sind, die den See von Oktober 2010 bis Januar 2011 mit einem Wasservolumen von rund 75.000 m³ gespeist hatten. Das entspricht etwa einem Fünftel des gesamten Seewasservolumens bei Normalwasserstand. Zudem hat es Anfang Februar 2011 an drei aufeinanderfolgenden Tagen 50 l/m² Niederschlag gegeben.

Zudem beinhaltet der flache Wasserkörper des Blankensees keine große Wärmepufferkapazität. Mit sinkender Umgebungstemperatur kühlt er sehr schnell ab und ist nach kurzer Frostperiode lange vor anderen Seen mit einer Eisdecke überzogen. Da kein Sauerstoff aus der Luft mehr eingetragen wird, kann es unter langer Eisbedeckung in einigen Seebereichen zu Sauerstoffmangel und Phosphatfreisetzungen aus dem Sediment kommen (vgl. Abbildung 5, April 2013).

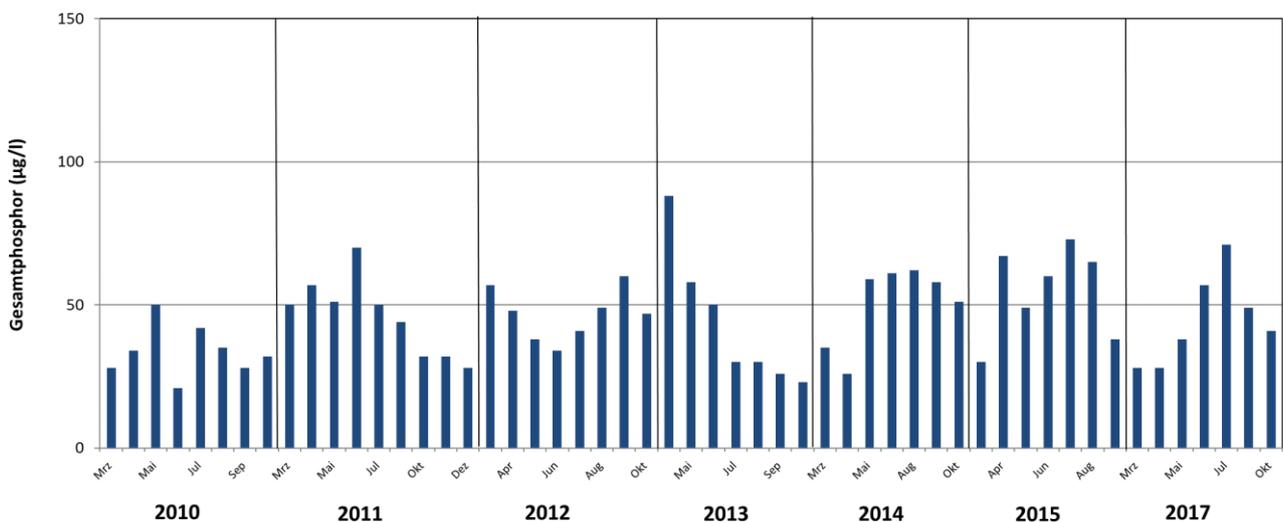


Abbildung 5: Phosphorkonzentrationen (µg/l) im Blankensee nach der Phosphatfällung
Daten Umweltlabor Lübeck bzw. Landeslabor SH



Abbildung 6: Ausbildung von Fadenalgen im Blankensee 2012
 Links: westlicher Seeteil (Yasseri 2012); Rechts: Nordufer (Degen 2012)

Tabelle 1: Übersicht der Kenndaten zum Trophiezustand (TP = Gesamtphosphor, *= Saisonmittelwert)

Bezugs- jahr	Chlorophyll* [µg/l]	Sichttiefe* [m]	TP-Frühjahr [µg/l]	TP-Sommer* [µg/l]	LAWA- Istzustand	LAWA- Trophie-Index (LAWA 2014)
2006	164,5	1,0	110	272	polytroph 2	4,4
2010	17,8	1,7	28	34	eutroph 1	2,7
2011	21,5	1,7	50	48	eutroph 2	3,0
2012	18,4	1,7	57	47	eutroph 1	3,0
2013	26,3	1,6	88	44	eutroph 2	3,2
2014	40,4	1,3	35	50	eutroph 2	3,2
2015	25,8	1,4	30	52	eutroph 2	3,0
2017	24,5	1,7	28	45	eutroph 1	2,9

Innerhalb des **Phytoplanktons** traten zum einen, wie vor 2010, Schlundalgen (Cryptophyceen) hervor, die typisch für Flachseen mit starker Unterwasservegetation sind, des Weiteren Blaualgen (Cyanobakterien), wenn auch teils mit anderen Arten als vor 2010 (*Anabaena flos-aquae*, *A. crassa*, *A. lemmermannii* und besonders *Microcystis*). Daneben sind neue Algengruppen vertreten, zum einen Goldalgen (Chrysophyceen) mit den Vertretern *Dinobryon divergens* und *Uroglena*, die Indikatoren für eine geringe Trophie sind. Ebenso sind auch Hornalgen (Dinophyceen, *Ceratium hirundinella*), Grünalgen (Chlorophyceen, *Monoraphidium contortum*) und kleine centrische (zylinderförmige) Kieselalgen (Bacillariophyceen) häufiger vertreten. Von Jahr zu Jahr wurden unterschiedliche Dominanzen beobachtet (Abbildung 7).

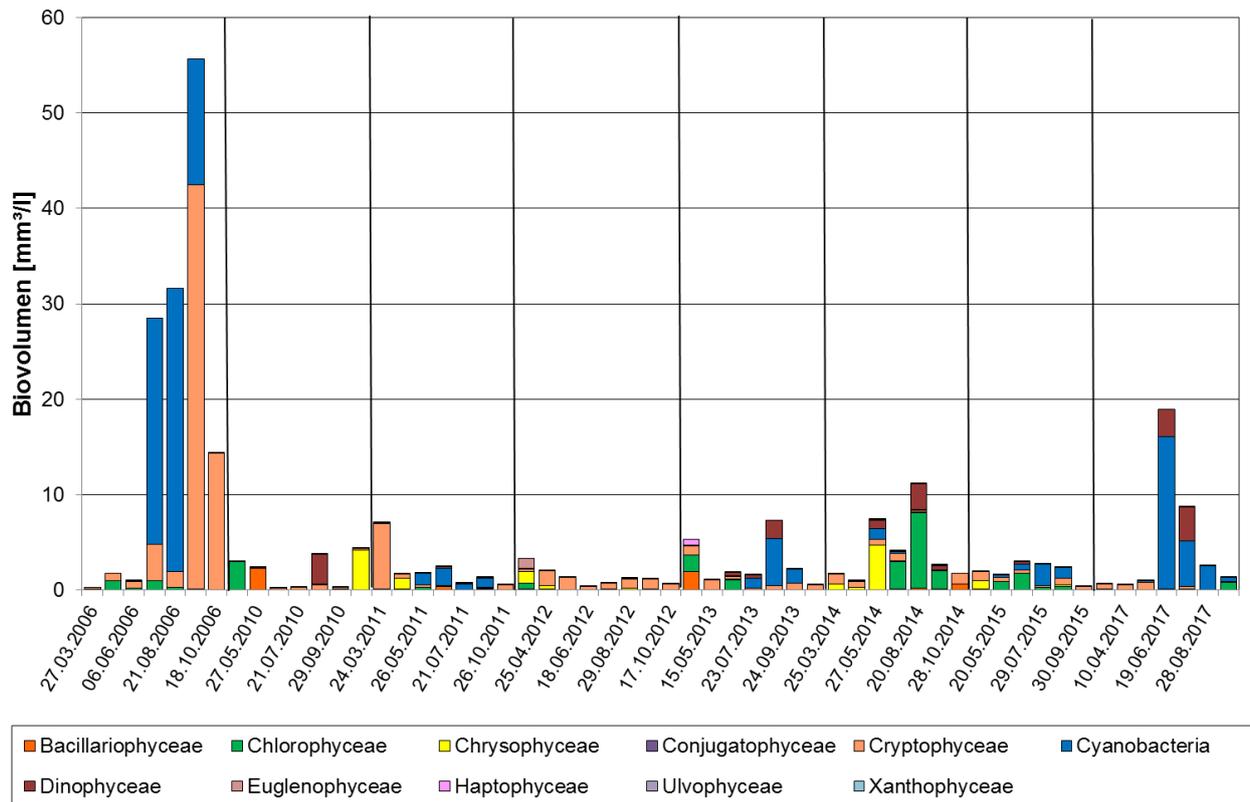


Abbildung 7: Biovolumen (mm³/l) der Phytoplanktongroßgruppen im Blankensee

Im Jahr 2010 waren zahlreiche Großgruppen abwechselnd dominant. Cyanobakterien (*Microcystis*) waren 2011 und Cryptophyceen 2012 sehr vorherrschend. 2013 und 2015 dominierten im Sommer erneut vor allem picoplanktische und nostocale Cyanobakterien, wenn auch meist mit nur moderat erhöhten Biomassen. 2014 war der Anteil der Chrysophyceen ähnlich hoch wie 2010, ansonsten dominierten Chlorophyceen. 2017 entwickelten die nostocalen Blaualgen (*Anabaena circinalis*) ab Juni eine starke Blüte, die später wiederum durch *Microcystis*-Arten verdrängt wurde.

2013 und insbesondere 2014 waren die Gesamtbiomassen erhöht. Die Veränderungen zeigen sich deutlich im Phytoseeindex, als ökologische Zustandsbewertung des Phytoplanktons, der von 2010 bis 2013 mit „gut“ eingestuft wurde, jedoch 2014 auf „mäßig“ abgewertet werden musste (Tabelle 2). 2017 erfolgte trotz der ausgeprägten, aber nur kurzzeitigen sommerlichen Blaualgenblüte eine Einstufung mit „gut“, da die Planktongehalte (Chlorophyll a und Biovolumen) ansonsten meist nur gering bis moderat erhöht waren.

Erwähnenswert beim **Zooplankton** sind das Vorkommen von zahlreichen Arten des Uferbereichs, darunter Arten, die Makrophytenbestände indizieren sowie das von anderen Seen abweichende Artenspektrum.

Auffallend an der Zooplankton-Biomasse war in den Untersuchungsjahren bis 2012 (sowohl vor als auch nach der Fällung) der hohe Anteil der Rädertiere (Rotatorien), die niedrige Artenvielfalt sowie - insbesondere während der Sommermonate - das Vorherrschen von kleinen Wasserflöhen (Cladoceren). Derzeit liegt die Zooplankton-Biomasse im eutrophen Bereich.

Seit 2013 ist der Massen-Anteil der Rädertiere gesunken, wahrscheinlich aufgrund einer starken Präsenz von großen, effektiven Filtrierern (Daphnien) im Frühjahr. Die Taxazahlen (45) sowie die Biomasse des Zooplanktons haben zugenommen. Die Verwertbarkeit des Phytoplanktons durch das Zooplankton ist zwar generell höher als vor der Fällung, in 2014 wirkten sich jedoch kolonienbildende Goldalgen, Hornalgen und Grünalgen ungünstig auf die Umsatzraten (vermutlich wegen der schlechteren Fressbarkeit) aus. 2017 bietet sich den Daphnien ebenfalls ein schlechtes Nahrungsangebot, bedingt durch das starke sommerliche Aufkommen der Cyanobakterien und den außerdem vorhandenen Hornalgen. Der Umsatz von Phytoplankton- in Zooplanktonmasse, der im Frühjahr zwischen 51 und 83 % lag, fiel auf nur 2 % ab.

Detaillierte Ausführungen hierzu finden sich in diversen Gutachten auf dieser Internetseite:
<http://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/wafis/seen/seenanzeige.php?see=blankensee&alle=ja>

Die **Unterwasservegetation** des Blankensees wies zuletzt insgesamt mit acht nachgewiesenen Tauchblattarten im Bereich zweier Messstellen eine mäßig artenreiche Gewässervegetation auf. Bezeichnend ist eine ± flächendeckend ausgebildete und in dichten Beständen auftretende Submersvegetation. Darunter sind mit der Nadel-Sumpfbirse (*Eleocharis acicularis*), der Biegsamen Glanzleuchteralge (*Nitella flexilis*), dem Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*) und dem Stumpfblätrigen Laichkraut (*Potamogeton obtusifolius*) vier in Schleswig-Holstein und Deutschland stark gefährdete bzw. gefährdete und für den Gewässertyp charakteristische bzw. typische Arten (Tabelle 3).

Deutliche Veränderungen hinsichtlich des Artenspektrums und der Quantitäten ergaben sich zwischen 2006 und 2010. Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*) breitete sich massiv aus und dominiert bis heute in dichten Beständen nahezu das gesamte Litoral. Seit 2010 zeigt die Ausprägung der Gewässervegetation tendenziell nur geringe Unterschiede.

Insgesamt sind erhebliche Abweichungen vom potentiell zu erwartenden Artenspektrum gegeben, die sich auch in der Zustandsbewertung als „unbefriedigend“ widerspiegeln (Tabelle 2).

Bei der Bewertung des **FFH-Lebensraumtyps** 3110 (Tabelle 2) erreicht der Blankensee somit nur den Erhaltungszustand „C“ (mittel bis schlecht).

Detaillierte Ausführungen hierzu finden sich in diversen Gutachten auf dieser Internetseite:
<http://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/wafis/seen/seenanzeige.php?see=blankensee&alle=ja>

Tabelle 2: Bewertung des ökologischen Zustandes des Blankensees 2006 und 2010 bis 2017.

	2006	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2017
Phytoplankton (Typ 11.2)	4,6	1,5	2,0	1,6	2,1	2,5	1,9	2,2
Unterwasser-vegetation (Typ MTS 11)	4	4	4	4	4	4	4	4
FFH-Erhaltungszustand	C	C	C	C	C	C	C	C

Fazit

Das Ziel des „guten ökologischen Zustandes“ wurde beim Blankensee trotz der durchgeführten internen Phosphatfällung nicht erreicht.

Insgesamt lässt sich sagen, dass der Blankensee nach der durchgeführten Restaurierung eine relativ geringe **Trophie** (Tabelle 1) gegenüber der Zeit vor der Maßnahme aufweist. Die Werte haben sich im Saisonmittel von etwa 45 µg/l Phosphor und 25 µg/l Chlorophyll a eingependelt. 2013 und 2014 schien sich eine Tendenz zur Verschlechterung abzuzeichnen, zurückzuführen auf hohe Phosphorkonzentrationen im Frühjahr bzw. hohe sommerliche Chlorophyllkonzentrationen. Diese setzte sich 2015 jedoch nicht fort. Mit einem Trophieindex von 2,9 lag der Blankensee im siebten Jahr (2017) nach der Restaurierung knapp im Bereich von „eutroph 1“.

Die ökologische Bewertung des Blankensees hinsichtlich des **Phytoplanktons** ist nach der letzten vorliegenden Untersuchung (2017) „gut“. Damit hat er sich im Vergleich zu seinem Zustand vor der Fällung (PSI 4,6) ebenfalls deutlich verbessert. Während vor der Fällung hohe Biomassen ermittelt wurden, blieben die starken früheren Blüten von (vor allem) Cyanobakterien, bis auf eine kurzzeitige sommerliche Blaualgenblüte in 2017, aus. Ansonsten ist die Artenzusammensetzung des Phytoplanktons diverser als vor der Restaurierung, zeigt von Jahr zu Jahr unterschiedliche Dominanzen und hat insgesamt höhere Anteile von Arten geringerer Trophie.

Hingegen keine Veränderungen ergibt die Bewertung der Ökologischen Zustandsklasse hinsichtlich der **Unterwasservegetation**, die nach wie vor „unbefriedigend“ ausfällt, da sich bei der Ausprägung und Zusammensetzung der Gewässervegetation bisher keine entscheidenden Veränderungen ergeben haben. Auch der Erhaltungszustand des FFH-Lebensraumtyps 3130 liegt unverändert bei „C“ (Tabelle 2). Zurückzuführen ist dieses Ergebnis auf das massenhafte Auftreten von Kanadischer Wasserpest *Elodea canadensis*, wobei in 2017 erfreulicherweise eine merkliche Zunahme der lebensraumtypischen Armleuchteralge *Nitella flexilis* zu beobachten war.

Insgesamt weist der Zustand der Unterwasservegetation jedoch erhebliche Defizite auf und entspricht somit nicht den geforderten Ansprüchen. Hier ist die weitere Entwicklung abzuwarten.

Daher ist es wichtig, mögliche **Nährstoffeintragspfade** weiter im Auge zu behalten. Die landwirtschaftliche Nutzung von seenahen Flächen sollte keinesfalls intensiviert werden, sowie außerdem Nährstoffeinträge aus dem gesamten Oberflächenwassereinzugsgebiet minimiert werden. Dazu gehören auch Phosphoreinträge aus dem Flughafenbetrieb, die über die Rohrleitungen A/B und C in den Blankensee gelangen und keinesfalls erhöht werden sollten.

Der Blankensee reagiert aufgrund seiner geringen Tiefe und der schwachen Pufferung des Gewässers besonders sensibel auf Nährstoffeinträge. Durch zusätzliche Phosphoreinträge wäre eine weitere Beeinträchtigung/Verschlechterung des derzeitigen Zustandes zu befürchten. Die Beobachtungen im Rahmen des jahrelangen Monitorings haben gezeigt, dass der See mit der momentanen Nährstoffsituation gerade noch im Bereich einer verträglichen Belastbarkeit liegt.

Wegen des Baues einer neuen Entwässerung des Flughafens ab Januar 2019 (dreijährige Bauzeit) ist jedoch nach deren Fertigstellung mit einer weiteren Reduzierung von Nährstoffeinträgen zu rechnen, da das auf dem Flughafengelände anfallende Oberflächenwasser einerseits über die städtische Kanalisation dem Zentralkläwerk zugeführt wird oder nach Passage von Retentionsbodenfilter und Regenrückhaltebecken in den Auslauf des Blankensees (Blankenseebach) eingeleitet werden soll. Nach Umsetzung der Maßnahmen werden somit aus dem Flughafengelände keine Einleitungen mehr in den Blankensee erfolgen, so dass auf eine weitere positive Entwicklung des Sees gehofft werden darf.