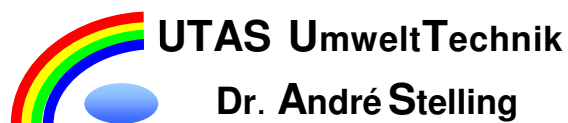


PELIKAN-Statusbericht 2011

Ergebnisbericht für die Betriebsjahre 2002 - 2011



• Planung • Beratung • Ausführung •

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Ausgangssituation und Anlass der Sanierung	2
2. Technische Beschreibung des PELIKAN-Systems	6
3. Betrieb, aufgetretene Probleme und Verbesserungen	10
4. Ergebnisse und Bewertung	13
5. Ausblick	17

1. Ausgangssituation und Anlass der Sanierung

Der Waidsee in Weinheim (Abb.1) ist durch Kiesschürfungen im Zuge des BAB-Baus im Jahre 1967 entstanden. Er hat eine Wasserfläche von 24 ha, eine max. Länge von 768 m, eine maximale Breite von 432 m und einen Umfang von 2.277 m. Die maximale Tiefe beträgt 27,95 m, die mittlere Tiefe liegt bei 13,39 m, das Wasservolumen beträgt insgesamt 3 Mio. m³.

Der Waidsee hat pro Badesaison rund 150.000 Badegäste. An warmen Sommertagen erholen sich bis zu 10.000 Gäste am See. Der Waidsee wird in der Umgebung als Tauchsee und zum Segeln genutzt, er ist aber auch Angelsee und beliebtes Naherholungsgebiet.

Der Waidsee ist im Norden, Süden und Westen weitgehend von Ufergehölzen gesäumt, die nach § 32 NatschG geschützt sind. Am östlichen Ufer ist der Badebereich mit Strand- und Liegewiese angelegt.



Abb.1: Der Waidsee mit seinem Einzugsgebiet

Der Waidsee teilt sich in der Tiefe in zwei Becken auf (Abb. 2). Das östliche Becken ist mit maximal 19 m Tiefe flacher als das westliche mit maximal 28 m Tiefe. Das Tiefenwasservolumen (Hypolimnion) des Waidsees beträgt während der Sommerschichtung ca. 1 Mio. m³.

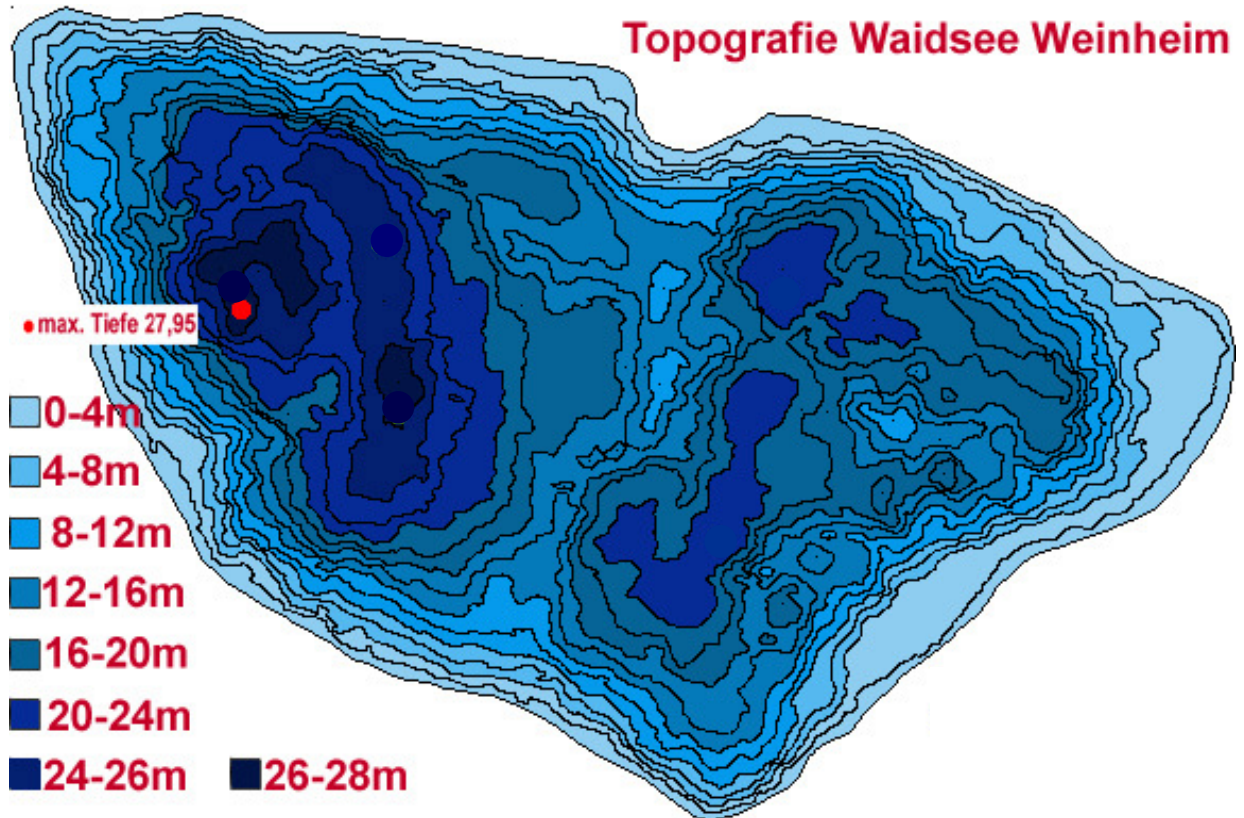


Abb. 2: Topografie Waidsee

Der Waidsee war von Anfang an einer vielfältigen Nutzung unterworfen. Der jahrzehntelange Eintrag von Nährstoffen und organischem Material durch Bade- und Angelbetrieb sowie durch Wasservögel, Niederschläge und Laubeintrag hatte in den neunziger Jahren zu zeitweise massiven Eutrophierungserscheinungen wie Algenblüten an der Oberfläche und Sauerstoffschwund im Tiefenwasser geführt. Insbesondere der Eintrag von Phosphor (P) kann zu wiederkehrenden bis dauerhaften Algenblüten und schließlich zum "Umkippen" eines Gewässers führen.

Die von W. Merz (Heidelberg 1999) im Sanierungskonzept Waidsee quantifizierten jährlichen Gesamt-Phosphoreinträge setzen sich wie folgt zusammen:

Niederschläge:	12-14 kg Ges-P/a
Badegäste:	8-12 kg Ges-P/a
Wasservögel:	5-10 kg Ges-P/a
Angelbetrieb:	4-8 kg Ges-P/a
Summe:	29-44 kg Ges-P/a

Um den Phosphoreintrag zu vermindern und der fortgesetzten Phosphorakkumulation im Waidsee entgegenzuwirken wurde vor rund 20 Jahren der „Runde Tisch Waidsee“ ins Leben gerufen. Unter Mitarbeit der Stadt Weinheim wurden Strategien zur Vermeidung von Phosphoreinträgen entwickelt und umgesetzt. Beispiele hierfür sind:

- die Installation von ufernahen Duschen und Toilettenanlagen
- die Aufstellung von Schautafeln mit Hinweisen zu den Negativfolgen der Fütterung von Wasservögeln und Fischen ("Anfüttern")
- die Aufstellung von Hinweistafeln zu Verhaltensregeln und Empfehlungen für Taucher und Badegäste
- die Pflanzung von Schilf und Einbringung von bepflanzten "schwimmenden Inseln"
- die Erhöhung des Raubfischbesatzes (Hecht und Zander)

Während die durch den Badebetrieb bedingten Phosphoreinträge durch den Bau der neuen, ufernahen Sanitäreinrichtungen und durch die propagierten Verhaltensregeln vermutlich um die Hälfte eingedämmt wurden, können die externen Phosphoreinträge durch Niederschläge, Wasservögel (Kot) und in geringem Maß auch Falllaub nicht verhindert werden. Diese verbleibenden jährlichen Phosphorneueinträge müssen auf ca. 25 kg Ges.-P beziffert werden.

Um den Status quo der Wasserqualität halten zu können und keine weitere Verschlechterung der Wasserqualität zuzulassen, müssen dem Wasserkörper des Waidsees demnach jährlich mindestens 25 kg Gesamtphosphor entzogen werden.

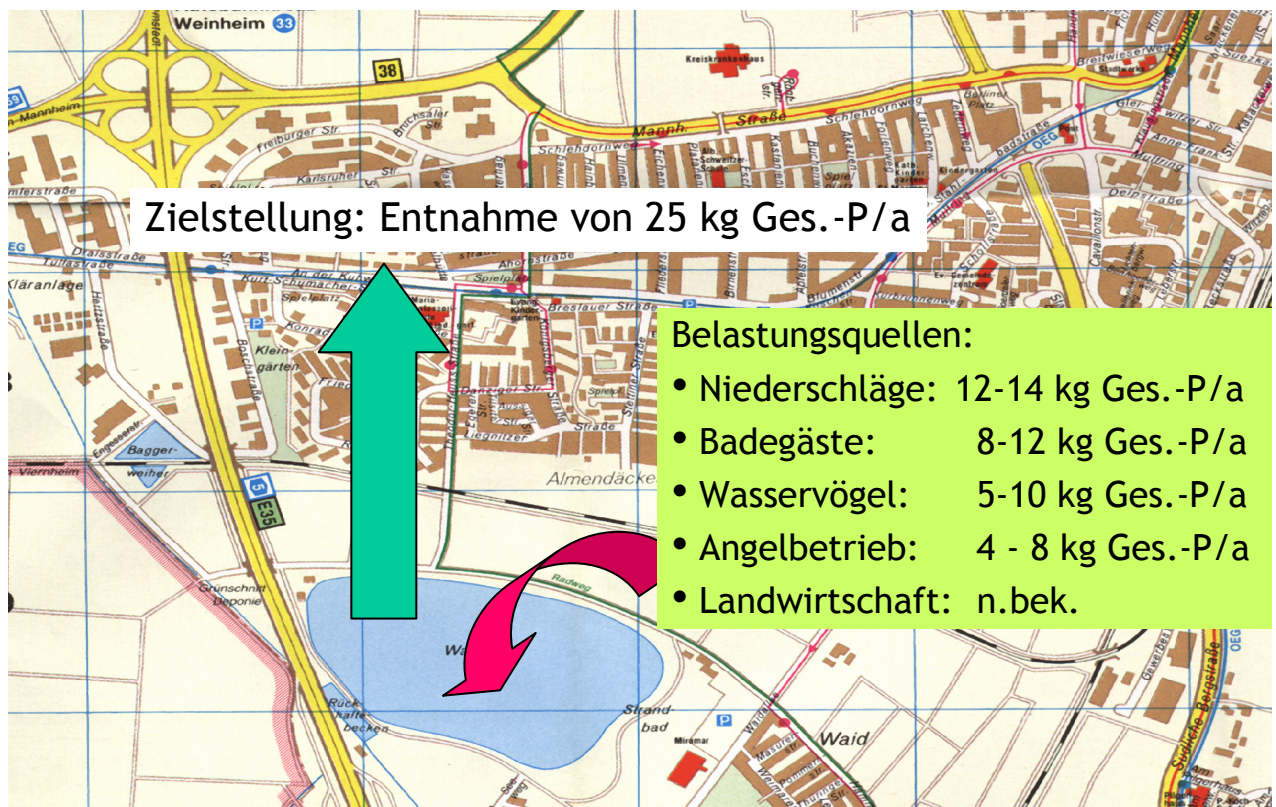


Abb. 3: Quellen des Phosphat-Eintrages in den Waidsee

Es wurden in der Folge technische Verfahren diskutiert, die in der Lage sind, dem Waidseewasser in signifikantem Maße neu eingetragenes bzw. akkumulierten Phosphor zu entziehen, um so der fortschreitenden Eutrophierungsdynamik entgegen zu können. Konventionelle, aus der Abwassertechnik abgeleitete Verfahren wie die Phosphatfällung (Ortho-Phosphat = reaktive Form des Phosphors) durch Eisen- und Aluminiumsalze wurden ausgeschlossen, da sie weder ökologisch vertretbar noch nachhaltig waren. Es wurden Verfahren zur "sanften" und "echten" Phosphatentnahme geprüft.

Die Stadt Weinheim entschied sich nach eingehenden Recherchen und der Durchführung von Voruntersuchungen (Herbst 2001) zu Beginn des Jahres 2002 für das von der Fa. Umweltschutz Nord aus Ganderkesee bei Bremen entwickelte **PELIKAN-System (Phosphat-ELIminations-Kompakt-ANlage)** zur gewässerschonenden Entfernung von Phosphor aus dem Tiefenwasser.

Die PELIKANE sind zukunftsweisend mit energieautarker Technologie ausgestattet, d.h. die Anlagen versorgen sich selbst mit aus Sonnenenergie und Windkraft gewonnenem Strom.

Die PELIKANE befinden sich seit 2007 im Eigentum der Stadt Weinheim. Die Wartung der PELIKANE wird seit Frühjahr 2006 von der Firma UTAS UmweltTechnik aus Sottrum bei Bremen durchgeführt.

2. Technische Beschreibung des PELIKAN- Systems

Das PELIKAN-System (Abb. 4) ist für die Eliminierung von Phosphor durch Bindung an adsorptive Spezialgranulate entwickelt worden.

Das PELIKAN-System wurde als schwimmende Filteranlage konzipiert, um energieeffizient dem Tiefenwasser Phosphor zu entziehen. Ein positiver Nebeneffekt ist, dass die Anlage auf dem Wasser vor Vandalismus und mutwilliger Beschädigung besser geschützt ist als bei einer Installation am Ufer.

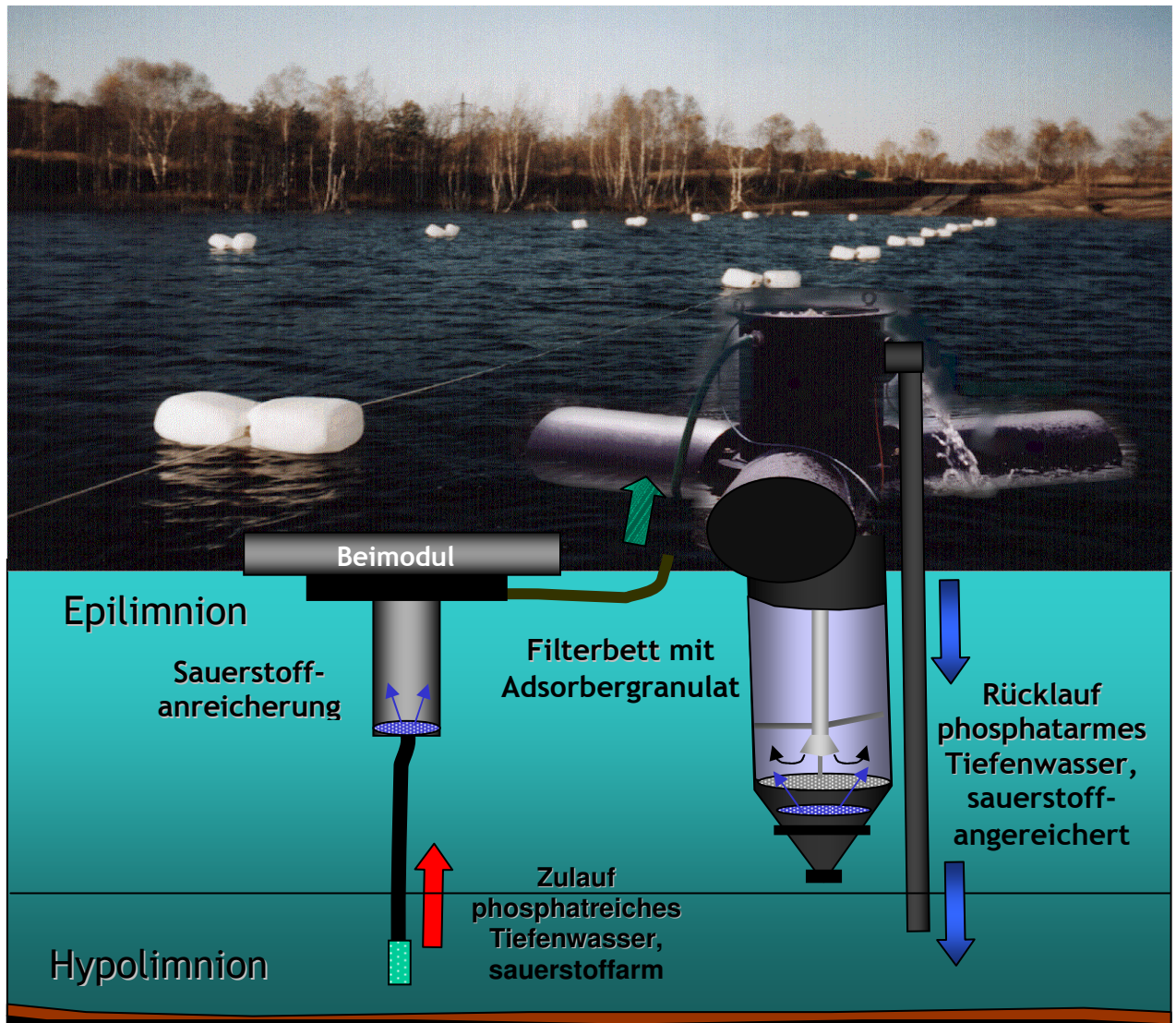


Abb. 4: Halbschematische Darstellung des PELKAN-Systems (ohne Aufbauten PV/WG)

Das Tiefenwasser eines Sees (Hypolimnion) enthält durch die sauerstoffzehrenden bakteriellen Freisetzungsprozesse aus am Grund abgelagerten Algen, Laub und sonstigem organischen Material (Fisch- und Vogelkot) die höchsten Phosphorkonzentrationen. Bei der Vollzirkulation des Sees im Frühjahr und Herbst gelangt das phosphatreiche Tiefenwasser an die lichtdurchflutete Oberfläche (Epilimnion) und steht den Algen als Nährstoff zur Verfügung. Um dem See möglichst große Phosphorfrachten entziehen zu können, ist daher die Behandlung des Tiefenwassers gegenüber dem Oberflächenwasser vorzuziehen.

Das zu behandelnde Wasser steigt zunächst aus der Tiefe über den statischen Druck in das Beimodul des PELIKANs und wird in einem ersten Behandlungsschritt über einen Membrantellerbelüfter mit Luftsauerstoff angereichert (Abb. 5).



Abb. 5: Sauerstoffanreicherung des Tiefenwassers durch einen Tellerbelüfter

Aus dem Beimodul wird das vorbehandelte, noch phosphatreiche Tiefenwasser über Kreiselpumpen (Abb. 6) in den Filterbehälter gefördert. Das Tiefenwasser durchströmt das Filterbett von unten nach oben. Die im Wasser gelösten Phosphate werden dabei adsorptiv an dem Spezialgranulat gebunden und somit im Filter zurückgehalten.



Abb.6: Solar-Förderpumpen im Beimodul

Anschließend wird das sauerstoffangereicherte, entphosphatete Tiefenwasser in das Hypolimnion zurückgeleitet. Die natürliche Schichtung des Sees wird hierbei nicht zerstört.

Durch die Vorgabe, aus sicherheits- und installationstechnischen Gründen im Waidsee keine Stromkabel zu verlegen, wurde das energieautarke PELIKAN-System auf 24 V-Gleichstrombasis entwickelt. Die Energie wird dabei durch drei sonderkonfektionierte Photovoltaik (PV)-Module und einen Windgenerator erzeugt. Zur Zwischenspeicherung der Energie dienen zwei Gel-Batterien. Als Förderpumpen werden 24 V-Bilgepumpen aus der marinen Technik eingesetzt. Die Sauerstoffanreicherung (Vorbehandlung) des Tiefenwassers übernimmt ein Membrankompressor. Die Regelung des Gesamtsystems erfolgt durch einen Solar-Laderegler. Die Leistungsaufnahme der Verbraucher (Membrankompressor, zwei Förderpumpen) beträgt insgesamt 90 W. Die Luftförderleistung beträgt max. 1.980 l/h (entspricht 416 l O₂ bei 21%Vol O₂ in der Luft). Die Förderleistung der Pumpen beträgt zusammen maximal 8.300 l/h. Die Erfassung der Betriebsstunden der Gesamtanlage erfolgt über einen Zeitzähler.

Installation und Inbetriebnahme der fünf PELIKANE im Frühjahr 2002

Die fünf PELIKANE wurden im April 2002 geliefert, montiert, im Waidsee über den tiefsten Senken verankert, mit Adsorbergranulat befüllt und in Betrieb genommen.

Zur adsorptiven Entphosphatung des Wassers wird ein poröses Adsorbergranulat mit einer



hohen spezifischen Oberfläche eingesetzt. Ein PELIKAN kann mit einem Füllvolumen von 900 kg Adsorbergranulat bei einer Beladungskapazität von ca. 25 g P/kg ca. 120.000 m³ Tiefenwasser mit einer mittleren Ausgangskonzentration von 150 µg PO₄-P/l entphosphaten. Bei einer Durchsatzleistung von ca. 40.000 m³ pro Betriebsjahr entspricht das einer Nutzungsdauer des Granulates von ca. drei Jahren.

Abb. 7: Blick in den Filterbehälter: Adsorbergranulat und Rücklauf des entphosphateten Wassers



PELIKAN

Technische Daten

3 PV-Module gesamt: 321 W

1 Windgenerator: 200 W

2 Gel-Akkus jeweils: 80 Ah

2 Pumpen+1 Belüfter ges.: 90 W

Förderleistung max.: 8,3 m³/h

Reinigungsleistung: 40.000 m³/a

Ablaufleistung: < 10 µg Ges-P/l

Adsorbergranulatfüllung: 900 kg

Beladungs-Kapazität:

ca. 25 kg P/1.000 kg Granulat

Abb. 8: PELIKAN in Betrieb

Der Einsatz des PELIKAN-Systems im Waidsee wurde zunächst für 10 Jahre vorgesehen. Ende des Jahres läuft der derzeitige Vertrag mit UTAS aus, der eine Entnahme von mindestens 25 kg Phosphor jährlich bzw. 250 kg Phosphor in 10 Jahren vorsieht, um den Status quo der Wasserqualität halten zu können.

Die Gesamtreinigungsleistung der 5 Anlagen beträgt zusammen ca. 200.000 m³ Tiefenwasser pro Jahr.

Das Monitoring bzw. die Anlagenüberwachung erfolgte bis Ende 2007 durch die LUBW (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg). Nachdem die LUBW nicht mehr für die für die Stadt Weinheim kostenfreien, sehr umfangreichen Beprobungen, Analysen und Bewertungen durchführen konnte, musste die Analytik auf die Erfolgskontrolle reduziert werden. Ab Frühjahr 2008 führt das Umweltlabor eurofins aus Mannheim diese Wasser- und Granulatanalysen durch.

3. Betrieb, aufgetretene Probleme und Verbesserungen

Die fünf PELIKANE wurden Ende April 2002 in Betrieb genommen. Die PELIKANE 1 und 2 wurden im östlichen, flacheren Becken (max. 19 m), die PELIKANE 3, 4 und 5 im westlichen, tieferen Becken (max. 28 m) jeweils über den tiefsten Stellen verankert (Abb. 9).

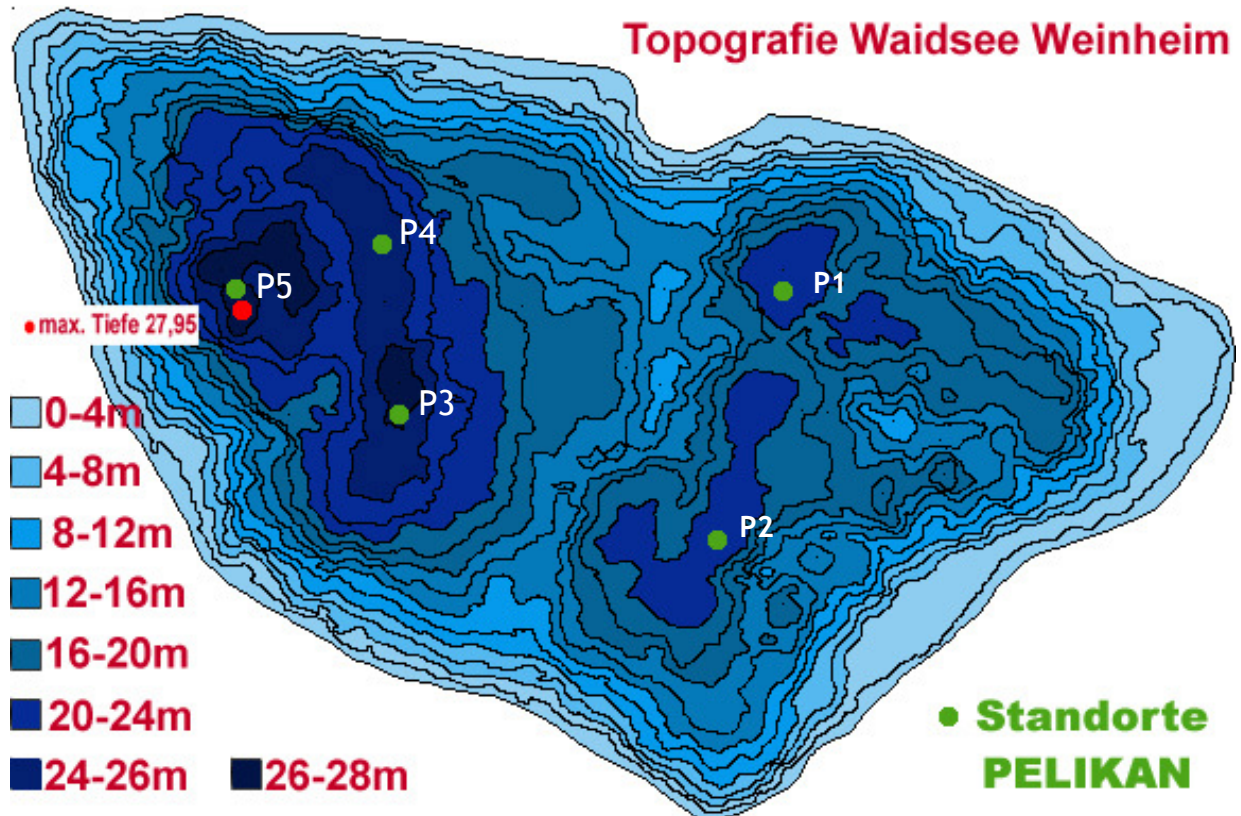


Abb. 9: Ursprüngliche PELIKAN-Standorte 2002

Die Ansaugstutzen der PELIKANE befinden sich in Grundnähe, da hier im Allgemeinen die höchsten Phosphatkonzentrationen im Wasser vorliegen.

Standortverbesserung

Das Monitoring der LUBW (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg) bestätigte die angestrebte Phosphorelimination unter $10 \mu\text{g}$ Ges-P/l im Ablauf jedes PELIKANS (siehe Ergebnisteil). Die Phosphorzulaufwerte der im vorderen, flacheren Becken positionierten PELIKANE 1 und 2 waren in 2002 und 2003 jedoch signifikant niedriger als die der PELIKANE im hinteren, tieferen Becken. 2004 wurde daraufhin von der Stadt Weinheim richtigerweise entschieden, zugunsten einer verbesserten Ausnutzung des Phosphor-Eliminationspotenzials die PELIKANE 1 und 2 ebenfalls ins hintere Becken zu versetzen. Die Umsetzung erfolgte mit tatkräftiger Unterstützung der DLRG-Taucher Weinheim (Abb. 10).

PELIKAN 3 war im Winter 2008/2009 durch Eisgang in Richtung Nordufer verdriftet und wurde von den DLRG-Tauchern im Frühsommer 2009 in der Südhälfte des hinteren Beckens neu verankert.

Die DLRG-Taucher haben in den vergangenen Jahren regelmäßig Unterwasserkontrollen an den PELIKANen durchgeführt sowie in 2005 und 2008 beim Granulatwechsel hervorragende Dienste geleistet.

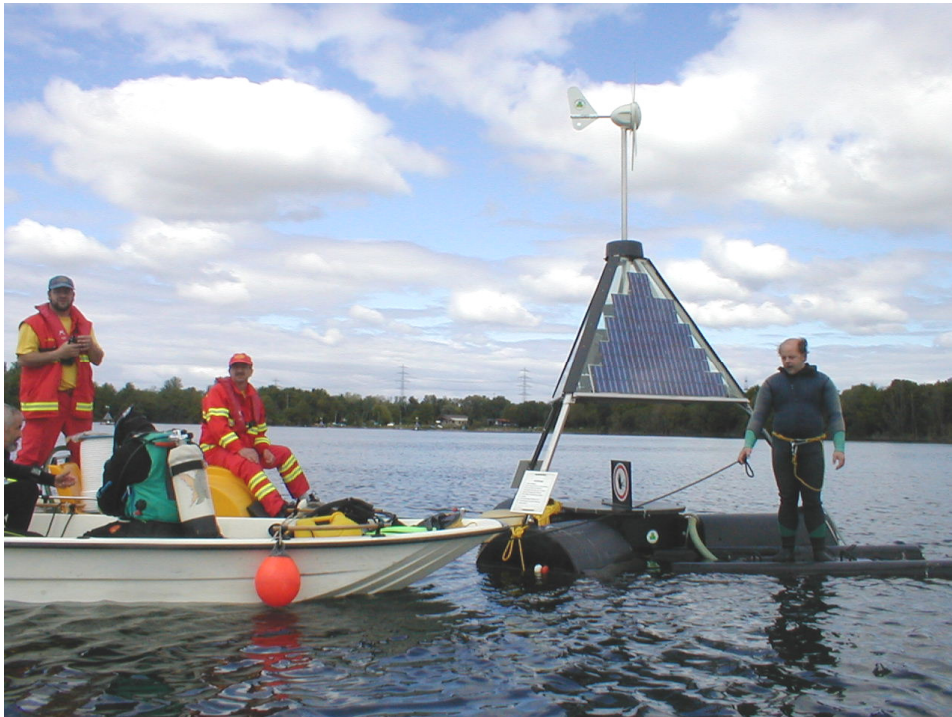


Abb. 10: DLRG-Taucher beim Umsetzen der PELIKANe 1 und 2 im Jahre 2004

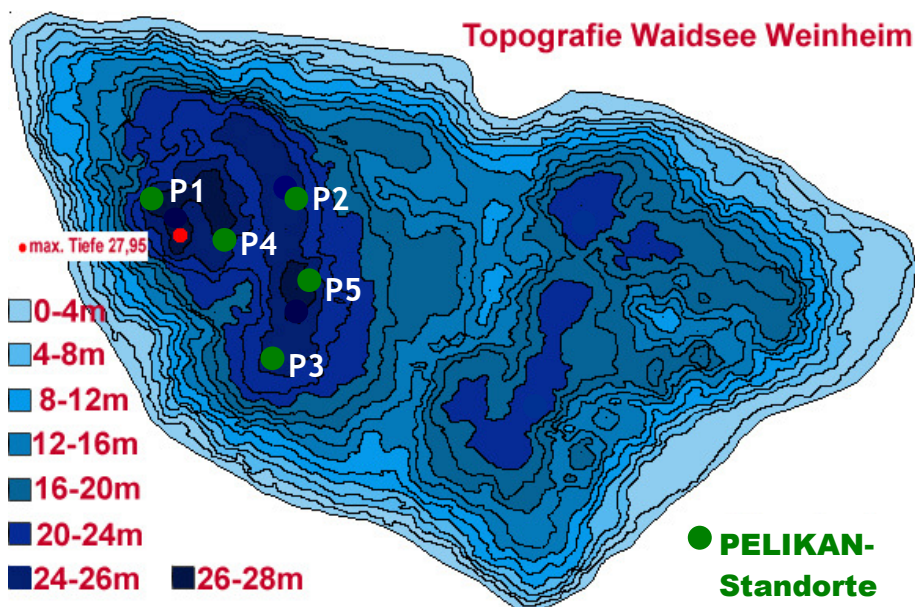


Abb. 11: PELIKAN-Standorte 2009

Die regelmäßigen Sichtkontrollen über Wasser werden von den Schwimmmeistern des Strandbades Waidsee durchgeführt.

Austausch des Windgenerators

Der ursprünglich installierte Windgenerator *AIR* land 403 mit einer Maximalleistung von 400 W erwies sich bei den auf dem Waidsee vorherrschenden Windverhältnissen als zu lafschwer, sodass dieser durch den Windgenerator Rutland WG 913 ersetzt wurde. Der WG 913 hat zwar nur eine Maximalleistung von 200 W, läuft aber schon bei schwachen Winden und liefert damit insgesamt mehr Strom.

Optimierung der Anlagensteuerung

Die ursprünglich eingebaute "intelligente" Anlagensteuerung erwies sich für die "rauen" Bedingungen auf dem Wasser als zu störungsanfällig, sodass die Anlagensteuerung seit Ende 2002 über einen "offshore" erprobten Laderegler erfolgt.

Betriebsstundenerfassung

Die Betriebsstundenerfassung erfolgt seit September 2004, um die Laufleistung der einzelnen PELIKANE exakt erfassen zu können (siehe Ergebnisteil).

Einbau energieeffizienterer Solarpumpen

Die ursprünglich eingebauten Solar-Teichpumpen vom Typ aquasolar 18 mit einer Leistungsaufnahme von jeweils 42 W bei 24 V Gleichstrom werden von der Herstellerfirma Oase nicht mehr angeboten. Sie wurden durch 24 V-Bilgepumpen ersetzt, die weltweit im marinen Yachtbedarf eingesetzt werden. Der Energieverbrauch der hochseebewährten Vollkunststoffpumpen liegt bei vergleichbarer Förderleistung bei nur 30 W/h, sodass hier eine Optimierung der Energie-effizienz des Gesamtsystems PELIKAN erfolgte.

4. Ergebnisse und Bewertung

Das Monitoring und die Überwachung der gesamten Maßnahme wurde in den Betriebsjahren 2002-2007 von der LUBW Karlsruhe (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) durchgeführt. Seit 2008 ist das Umweltlabor eurofins aus Mannheim mit der PELIKAN-Analytik (Wasser- und Granulatuntersuchungen) beauftragt.

Der Zustand und die trophische Entwicklung des Waidsees wurde bis Ende 2007 von der LUBW durch umfangreiche Wasseranalysen und vor Ort-Messungen überwacht (siehe PELIKAN-Bericht 2002-2008 unter www.weinheim.de).

Im Juni 2011 wurde das Limnologische Institut Dr. Nowak aus Ottersberg bei Bremen mit umfangreichen Wasser- und Sedimentanalysen sowie vor Ort-Messungen zur Bestimmung des aktuellen Ist-Zustandes des Waidsees beauftragt. Hierzu liegt ein separater Bericht vor.

Phosphor-Zulaufkonzentrationen und Phosphor-Belastung im Tiefenwasser

Die gemittelten Phosphor-Zulaufwerte (Abb. 12) zu den PELIKANen (hinteres Becken) in den Betriebsjahren 2002 bis Fröhsommer 2011 geben ein ungefähres P-Belastungsbild des Waidsee-Tiefenwasserkörpers.

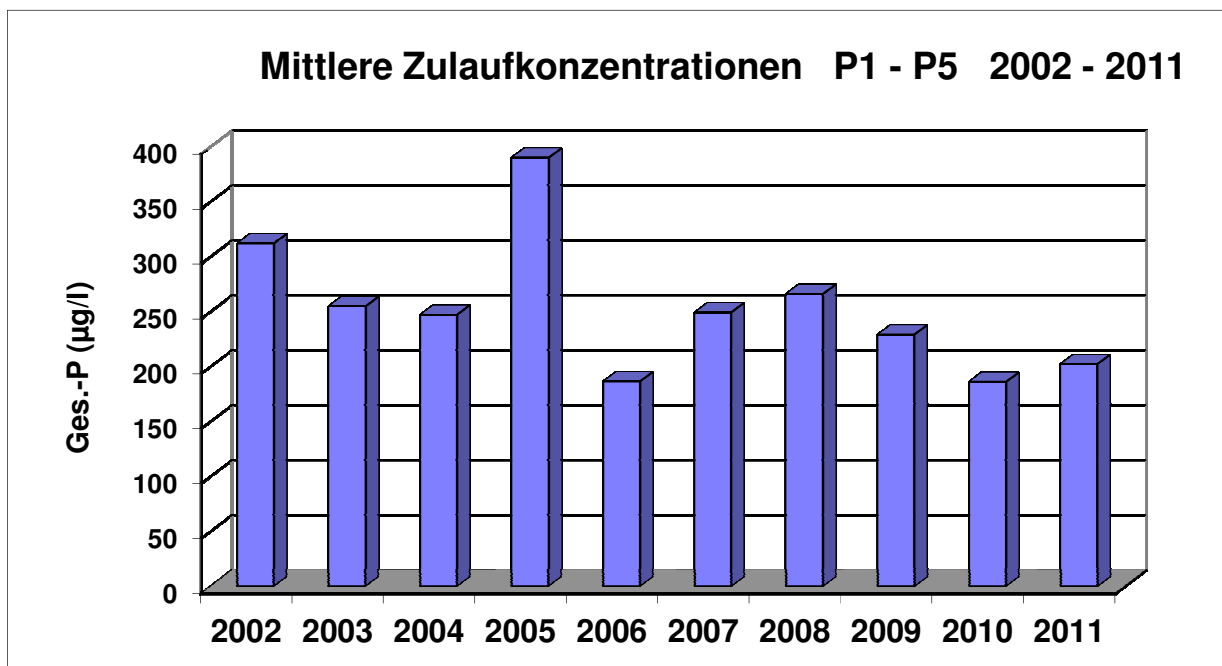


Abb. 12: Gemittelte Zulaufkonzentrationen P1-P5 (hinteres Becken) in den Betriebsjahren 2002-2011
 Datenquellen: LUBW Karlsruhe (2002-2007) und Umweltlabor eurofins/Mannheim (2008-2011)

Aus den Werten kann ein tendenzieller Rückgang der Phosphorbelastung im Tiefenwasser abgeleitet werden.

Reinigungsleistungen der PELIKANe

Die gemessenen mittleren Phosphat-Zulaufkonzentrationen (Abb. 13) der PELIKANe in den Betriebsjahren 2002-2011 lagen zwischen 160 µg Ges.-P/l (P2) und 244 µg Ges.-P/l (P3).

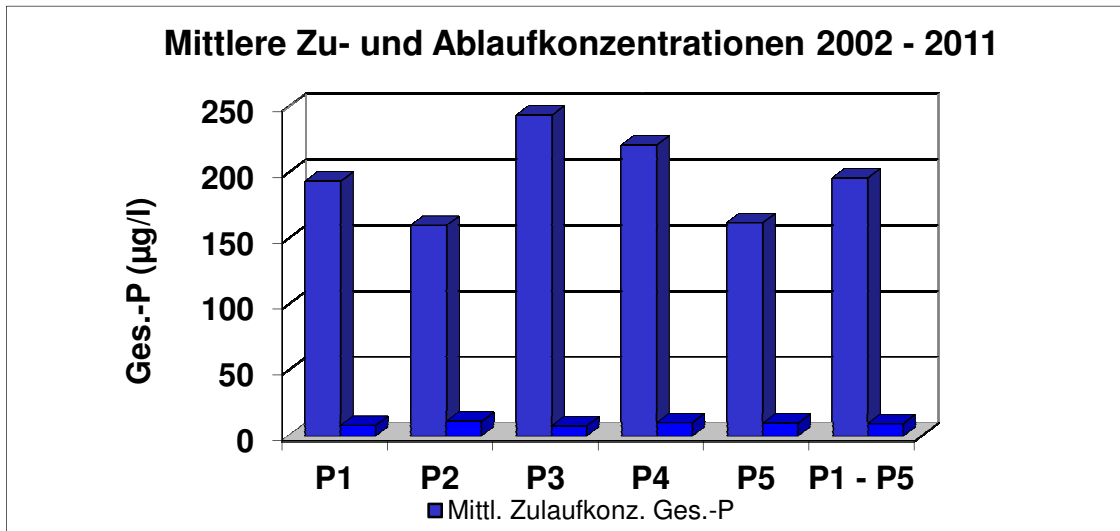


Abb. 13: Die mittleren Zulaufkonzentrationen lagen zwischen 160 µg Ges.-P/l (P2) und 244 µg Ges.-P/l (P3). Das Gesamtmittel der Phosphat-Zulaufkonzentration liegt bei ca. 200 µg Ges.-P/l

Die aus den 130 Einzelwerten gemittelte Gesamtzulaufkonzentration liegt bei ca. 200 µg Ges.-P/l. Jeder PELIKAN wird max. viermal pro Betriebsjahr beprobt. Die einzelnen Zulaufkonzentrationen sind dabei über das Jahr gesehen stark schwankend, so dass die Werte zwar ein ungefähres, aber nicht absolutes Bild bzgl. der tatsächlichen P-Zulaufmengen geben. Für die Qualität des PELIKAN-Systems spricht, dass die Ablaufkonzentrationen selbst bei den stark schwankenden Zulaufkonzentrationen im Mittel bei allen PELIKANen bei 10 µg Ges.-P/l lagen (Abb. 13). Eine Konzentration von 10 µg Ges.-P/l gilt als untere Grenze für das Algenwachstum.

Die Reduktionsleistungen der PELIKANe lagen zwischen 93 und 96% (Abb. 14), im Gesamtmittel bei 95%.

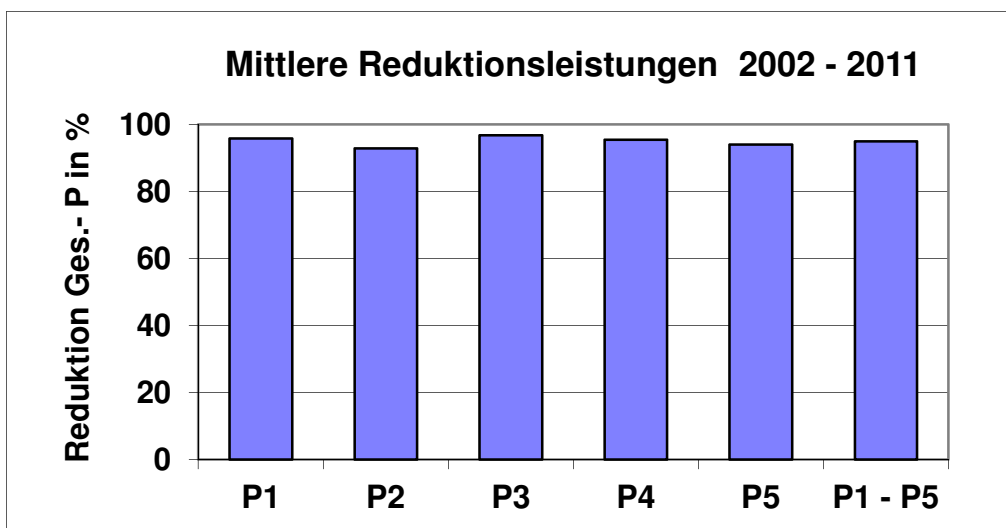


Abb. 14: Die mittleren Reduktionsleistungen lagen zwischen 93% und 96%.

Berechnung der Phosphorentnahme über die Granulatbeladung

Die Berechnung der P-Elimination über die Adsorbergranulat-Beladung zeigt Tab. 1. Die Gesamt-elimination beträgt danach bisher rund 320 kg Phosphor. Granulatwechsel erfolgten im April 2005 und im März 2008.

Tab. 1: Berechnung der Phosphor-Eliminierung über die Granulatbeladung

Pelikan	P1 kg	P2 kg	P3 kg	P4 kg	P5 kg	Summen kg
2002						
P-Elimination	3,21	3,23	3,33	3,15	3,08	16,00
2003						
P-Elimination	3,71	5,03	5,66	6,84	4,22	25,46
2004						
P-Elimination	4,69	4,70	6,67	7,65	7,73	31,44
2005 Granulatwechsel Apr.2005						
P-Elimination	12,60	11,00	12,60	8,92	18,59	63,71
2006						
P-Elimination	7,01	8,25	7,46	7,54	7,41	37,67
2007						
P-Elimination	4,95	4,59	2,97	3,69	2,52	18,72
2008 Granulatwechsel März 2008						
P-Elimination	10,86	15,45	15,27	15,24	12,35	69,17
2009						
P-Elimination	5,13	5,13	4,68	6,61	6,98	28,52
2010						
P-Elimination	5,58	5,94	3,87	7,02	6,48	28,89
Phosphor-Elimination 2002-2010 gesamt						319,59

Betriebsstundenerfassung

Die Betriebsstunden werden seit September 2004 über Zeitähler erfasst. Da es bis zur Generalüberholung der PELIKAN-Steuerungen im Frühjahr 2006 (Zeitpunkt der Übernahme der PELIKAN-Betreuung durch UTAS UmweltTechnik) immer wieder zu Störungen bei der exakten Erfassung der Betriebsstunden kam, werden im Folgenden die Betriebszeiten seit dem 05.04.2006 aufgeführt:

Tabelle 2: Betriebsstunden der PELIKANe 1- 5 im Zeitraum 05.04.2006 bis 18.05.2011, Ganzjahresbetrieb

Pelikan	P1	P2	P3	P4	P5
Betriebsstunden 05.04.2006 - 18.05.2011	26.511	26.163	26.616	26.401	26.349
Betriebstage 05.04.2006 - 18.05.2011	1.868	1.868	1.868	1.868	1.868
Mittlere Betriebsstunden pro Tag	14,2	14,0	14,3	14,1	14,1

Die durchschnittlich erreichten Betriebszeiten von 14,0 bis 14,3 Stunden pro Tag entsprechen nahezu 60% der maximal möglichen Laufzeiten im Vergleich zu einer netzbetriebenen Anlage. Das Ergebnis ist im Hinblick darauf, dass es sich bei den PELIKANen im Waidsee um wind- und solarbetriebene energieautarke Anlagen im Ganzjahresbetrieb handelt, als gut zu bewerten.

5. Ausblick

Bislang wurden ca. 320 kg Gesamtphosphor aus dem Waidsee eliminiert, dieses entspricht einem um 50% besseren Entnahmeergebnis als angenommen. Zurückzuführen ist das gute Ergebnis unter anderem auf die technische Optimierung der PELIKANE sowie die intensive Betreuung des PELIKAN-Projektes durch alle Beteiligten (Stadt Weinheim, Fa. UTAS, DLRG Weinheim sowie alle Teilnehmer des Runden Tisches Weinheim).

Ziel des PELIKAN-Einsatzes im Waidsee war und ist vorrangig die kontinuierliche Entnahme des ständig neu zugeführten Phosphors, um den Waidsee langfristig als Naherholungsgebiet und Badesee und in seiner ökologischen Wertigkeit zu erhalten.

Um diese Qualität zu halten, muss die Phosphorentnahme in den kommenden Jahren mindestens in dem derzeitigen Umfang erfolgen. Ein Abschalten der PELIKANE würde über kurz oder lang wieder zu einer Verschlechterung der Wasserqualität mit der Gefahr massiver Blaualgenblüten im Waidsee führen, da auf den Phosphorneueintrag durch Niederschläge, Badebetrieb und Vogelkot kein Einfluss genommen werden kann.

Abbildung 15 zeigt hierzu die Entwicklung der Gesamt-Phosphorkonzentration im Waidsee seit Beginn der Messungen durch die LUBW im Jahre 1994 bis Ende 2007 sowie die im Rahmen der am 28. Juni 2011 durchgeführten limnologischen Untersuchung ermittelten Phosphorwerte. Der Phosphorgehalt im oberflächennahen Wasser (Epilimnion) bewegte sich bis auf einen erhöhten Messwert im Oktober 2005 im gesamten Zeitraum des PELIKAN-Betriebs auf einem niedrigen Niveau und betrug durchschnittlich nur 20 µg/l Ges.-P.

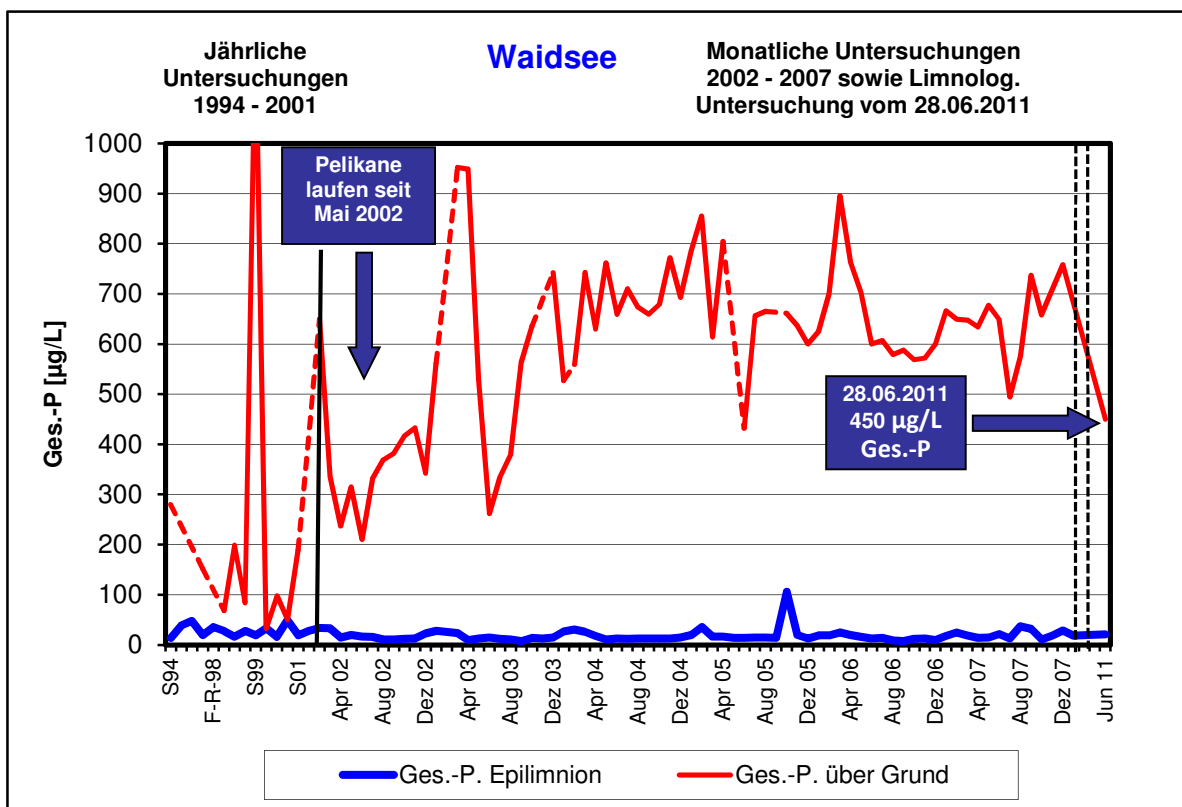


Abb. 15: Entwicklung des Phosphorgehaltes des Waidsees über Grund und im Epilimnion

Im Untersuchungszeitraum 1994 - 2001 vor dem Betrieb der PELIKANE war der durchschnittliche Phosphorgehalt im Epilimnion ca. 40% höher.

Gemäß der Trophieklassifizierung nach LAWA ist der Waidsee hinsichtlich der im Epilimnion vorhandenen Phosphorwerte als mesotroph einzustufen.

Trophieklassifizierung

Geschichtete Seen werden nach LAWA (1999) wie folgt klassifiziert:

Trophiegrad	Allgemeine Charakterisierung	Gesamt-Phosphor (Epilimnion) µg/l	Chlorophyll a (Epilimnion) µg/l
oligotroph	Nährstoffarm, gering produktiv Sichttiefe meist > 5 m	< 15	< 3
mesotroph	mäßig produktiv mittlere Sichttiefe > 2 m	15 - 45	3 - 9
eutroph	Nährstoffreich, hoch produktiv Sichttiefe meist < 2 m	46 - 160	5 - 25
Hypertroph (polytroph)	Übermäßig nährstoffreich, stark produktiv Sichttiefe < 1 m	> 160	> 25

Messzeitraum Sommerstagnation

Der Gesamt-Phosphorgehalt über Grund betrug am 28.06.2011 ca. 450 µg Ges.-P /l (Abb. 16) und war damit um ca. 25 % niedriger als der Durchschnittswert von ca. 600 µg Ges.-P /l in den Untersuchungsjahren 2002-2007.

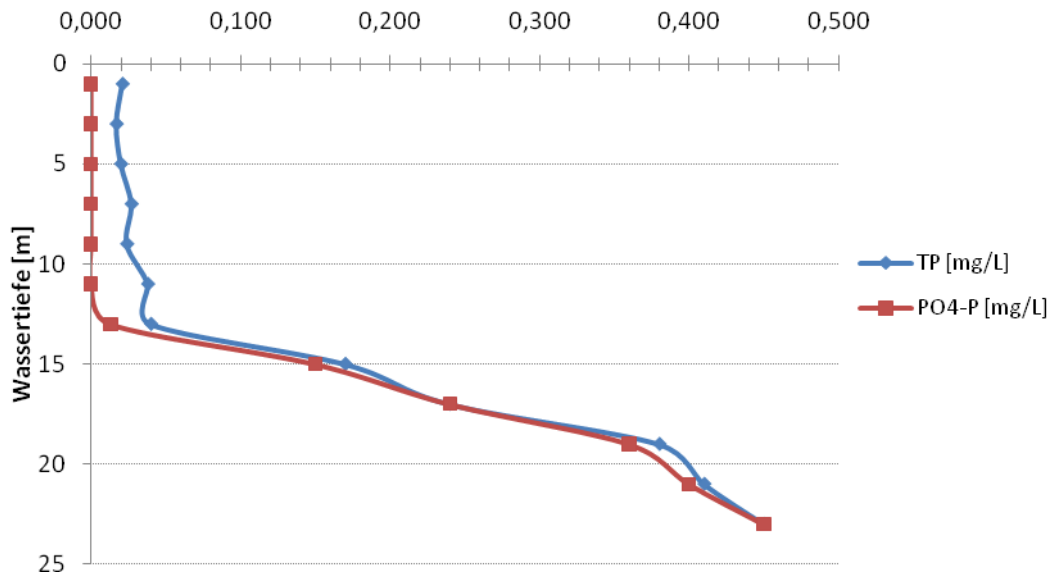


Abb. 16: Gesamt-Phosphor- und Ortho-Phosphat-Konzentrationsprofil im Waidsee
 Quelle: Untersuchungsbericht Institut Dr. Nowak vom 10.08.2011

Der Gesamt-Phosphorgehalt in der sauerstoffgesättigten Zone bis ca. 9 m Tiefe betrug durchschnittlich ca. 22 µg Ges.-P/l und stieg erst unter 13 m Tiefe im sauerstoffverarmten Hypolimnion bis auf 450 µg Ges.-P/l P in Grundnähe an.

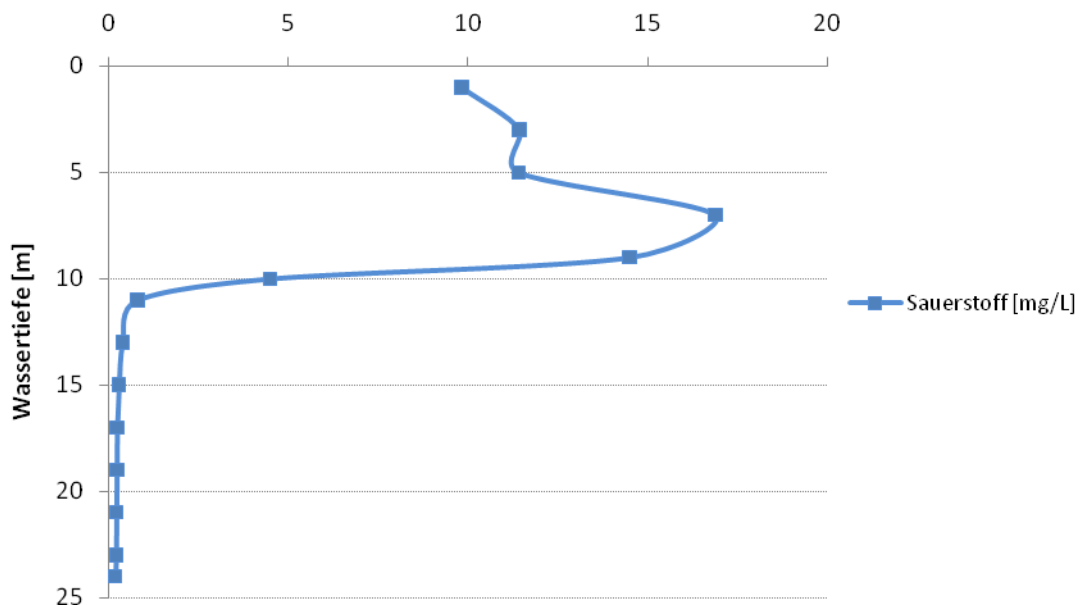


Abb. 17: Sauerstoffprofil im Waidsee
 Quelle: Untersuchungsbericht Institut Dr. Nowak vom 10.08.2011

Die Sauerstoffübersättigung in 7-9 m Tiefe erklärt sich aus der Ansammlung von Phytoplankton über dem Dichtegradienten (Metalimnion = Sprungschicht).

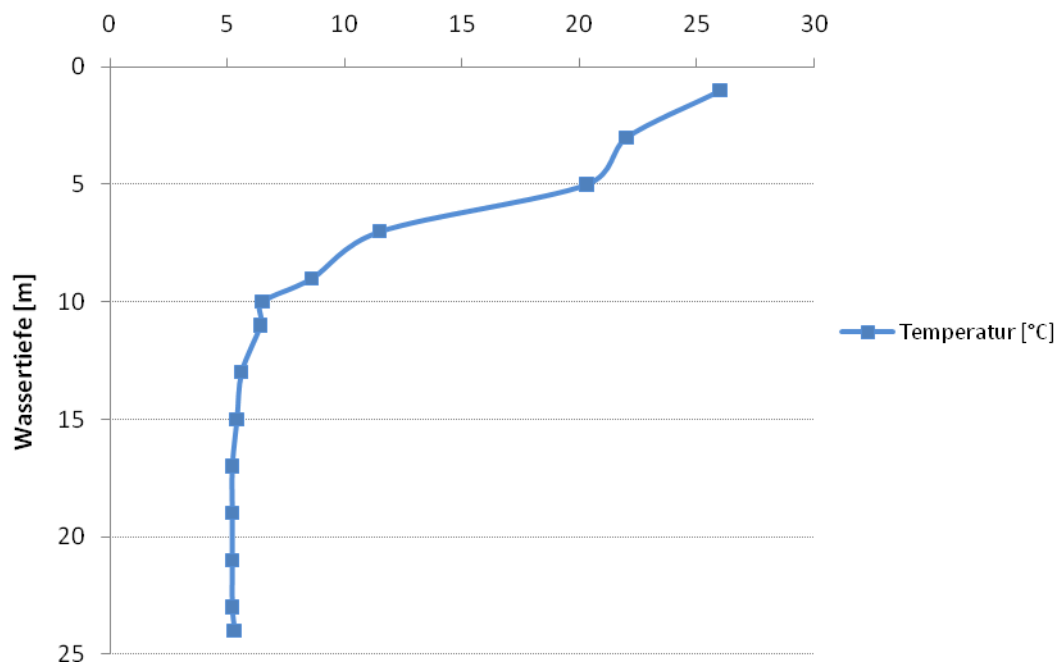


Abb. 18: Temperaturprofil im Waidsee
 Quelle: Untersuchungsbericht Institut Dr. Nowak vom 10.08.2011

Das Absinken des Phosphorgehaltes kann auf den nunmehr fast zehnjährigen PELIKAN-Betrieb und die flankierenden Maßnahmen rund um den Waidsee zurückgeführt werden.

Wären die bisherigen 320 kg P nicht aus dem Wasser entfernt worden, wäre der heutige Phosphorgehalt im Epilimnion unter Umständen sogar soweit ($> 45 \mu\text{g/l}$ Ges.-P) angestiegen, dass der Waidsee zum jetzigen Zeitpunkt einen eutrophen Status erreicht hätte mit der Gefahr häufiger Blaualgenblüten und der drohenden behördlichen Sperrung des Badesees.

Ein Weiterbetrieb der PELIKANE kann dagegen zu einem weiteren sukzessiven Absinken der durchschnittlichen Phosphorgehalte im Tiefenwasser und damit auch im Epilimnion führen. Die Wasserqualität des Waidsees könnte damit langfristig stabilisiert und die Attraktivität als Bade- und Naherholungsgewässer erhalten werden.

Phosphorpool und Sedimentbehandlung

Der rücklösungsgefährdete Phosphorpool in der oberen Sedimentschicht (0-6 cm) beträgt nach aktuellem Untersuchungsergebnis des Limnologischen Instituts Dr. Nowak derzeit ca. 516 kg Phosphor.

Für die Berechnung wurde für den tiefen Bereich ein Areal von ca. 15 ha angenommen. Der Rest der Fläche wurde als Flachwasserzone nicht in die Berechnung einbezogen.

Um die sedimentbürtige Nährstoffverfügbarkeit im Waidsee zu reduzieren, wäre es wünschenswert, Phosphor im Sediment dauerhaft zu immobilisieren, z.B. durch die Einbringung eines Phosphatbindemittels wie Bentophos® (www.bentophos.com).

Für die dauerhafte Festlegung von 516 kg Phosphor im Sediment ist die Aufbringung von ca. 48 t Bentophos® erforderlich. 1.000 kg Bentophos® binden ca. 11 kg Phosphor. Dies würde Kosten in Höhe von ca. 120.000 € netto bedeuten.

Die Applikation von Bentophos® umfasst die Materialkosten, Lieferung, Gestellung der Applikationseinheit, GPS-gestützte Einbringung des Materials, Vor- und Nachuntersuchungen des Waidsees sowie Dokumentation der Maßnahme.