



**Kantonsratsbeschluss**

**betreffend Freigabe zweier Objektkredite für das Projekt «Zirkulationsunterstützung im Winter zur Sanierung des Zugersees»**

Bericht und Antrag des Regierungsrats  
Vom 4. März 2025

Sehr geehrter Herr Präsident  
Sehr geehrte Damen und Herren

Gestützt auf den kantonalen Richtplan des Kantons Zug (Beschluss L 8.3.4 Stand 4. Juli 2024) und das Gesetz über Gewässer (GewG; BGS 731.1) unterbreiten wir Ihnen nachstehend das Begehren um Freigabe eines Objektkredits von 11,2 Millionen Franken für Planung und Bau einer Zirkulationsunterstützung im Winter zur Sanierung des Zugersees. Zusätzlich beantragen wir bei Ihnen für das projektbegleitende Monitoring einen Objektkredit von 1,4 Millionen Franken.

Die Vorlage ist wie folgt gegliedert:

Seite

1.	In Kürze	2
2.	Ausgangslage	3
3.	Kantonale Richtplananpassung 23/1	5
4.	Projektbeschreibung	5
5.	Auswirkungen und Monitoring	13
6.	Rechtserwerb für Betriebsgebäude	17
7.	Umwelt	18
8.	Kosten und Finanzierung	18
9.	Verfahrensfragen	22
10.	Antrag	23

## 1. In Kürze

**Der kantonale Richtplan des Kantons Zug (Beschluss L 8.3.4 Stand 4. Juli 2024) sieht Massnahmen zur Senkung der Nährstoffbelastung im Zugersee vor. Ziel ist es, den Zugersee in einen weniger nährstoffreichen Zustand zu bringen. Dazu setzt der Kanton Zug zusammen mit den Anrainerkantonen Schwyz und Luzern see-externe wie auch see-interne Massnahmen um. Der folgende Antrag bezieht sich auf die see-internen Massnahmen zur Sanierung des Zugersees, welche eine Zirkulationsunterstützung im Winter vorsehen.**

### **Projektbeschreibung**

Der Zugersee befindet sich heute mit einem Phosphor-Gehalt (P) von knapp 80 mg/m<sup>3</sup> in einem stark nährstoffreichen Zustand. Um den Zugersee in einen mittel nährstoffreichen Zustand zu bringen, welcher sich im ökologischen Gleichgewicht befindet, sprach sich der Zuger Regierungsrat 2021 für see-externe und see-interne Massnahmen aus. Diese werden zusammen mit den Anrainerkantonen Schwyz und Luzern umgesetzt.

Als see-interne Massnahme soll eine Zirkulationsunterstützung im Zugersee installiert werden. Diese weist gemäss Variantenstudium das beste Kostennutzenverhältnis auf und hat sich seit rund 40 Jahren in diversen anderen Schweizer Seen bewährt. Das angewendete Verfahren zeichnet sich dabei durch geringe Bau- und Betriebskosten im Verhältnis zu anderen Massnahmen aus und erzielt eine gute Wirkung.

Bei der Zirkulationsunterstützung wird Druckluft über Seeleitungen zu den Diffusoren an der tiefsten Stelle im Südbecken des Zugersees befördert. Mit dem Eintrag der Druckluft in den Wintermonaten soll, die infolge von zu milden Temperaturen ausbleibende natürliche vertikale Zirkulation des Sees im Winter wiederhergestellt werden. Dieser Prozess entfernt das Phosphor-Depot im Tiefenwasser kontrolliert und langsam über die Lorze aus dem See.

Zur Erreichung des gesetzlichen Sanierungsziels einer maximalen Phosphorkonzentration von 30 mg/m<sup>3</sup> wird mit einer Zirkulationsunterstützung in den Wintermonaten bis ins Jahr 2070 gerechnet. Um die erwarteten Veränderungen in den betroffenen Ökosystemen (Zugersee, Lorze, Reusspitz) beobachten zu können, ist in einer ersten Phase von 2026–2030 insbesondere vor und nach Inbetriebnahme der Zirkulationsunterstützung ein projektbegleitendes Monitoring notwendig. Das Monitoring soll anschliessend nach einer vorgängigen Evaluation in das Überwachungsprogramm der Oberflächengewässer überführt und dort im Rahmen der ordentlichen Budgets der zuständigen Fachstellen gestützt auf die notwendigen Untersuchungen weitergeführt werden. Das Amt für Umwelt quantifiziert zur Überwachung der Wirksamkeit der Zirkulationsunterstützung den Phosphorinhalt im See mit monatlichen Messungen der chemischen Tiefenprofile. Zudem werden die jährlichen Phosphor-Frachten der drei grössten Zuflüsse erfasst. Die Messungen dienen der Erfolgskontrolle der seeexternen Massnahmen (Landwirtschaft, Siedlungsentwässerung) in den Einzugsgebieten.

Als wichtiger, zusätzlich positiver Effekt werden auch die Sauerstoffgehalte im Tiefenwasser verbessert, womit gleichzeitig der Lebensraum für Fische und andere aquatischen Lebewesen zurückgewonnen werden kann. Die Zuger Bevölkerung profitiert langfristig von einer nachhaltigen Genesung des Zugersees verbunden mit einer verbesserten Wasserqualität.

## Finanzierung und Dauer der Arbeiten

Der Regierungsrat beantragt dem Kantonsrat die Freigabe eines Objektkredits für die Planung und den Bau der Zirkulationsunterstützung von 11,2 Millionen Franken und einen Objektkredit von 1,4 Millionen Franken für das projektbegleitende Monitoring. Die Bauarbeiten sollen im Sommer 2027 beginnen und werden voraussichtlich rund zwölf Monate dauern. Das projektbegleitende Monitoring startet anfangs 2026 und wird bis ins Jahr 2030 weitergeführt, wo es anschliessend nach einer vorgängigen Evaluation in einer schlankeren Form über die ordentliche Verwaltungsrechnung weitergeführt werden soll.

## 2. Ausgangslage

Der Zugersee weist nach wie vor zu hohe Phosphorgehalte (P) auf. Infolge see-externer Sanierungsmassnahmen konnten die P-Gehalte im See von rund 200 mg P/m<sup>3</sup> anfangs 1980er-Jahre auf heute noch rund 80 mg P/m<sup>3</sup> verringert werden. Der Zugersee befindet sich heute in einem stabilen, stark nährstoffreichen Zustand und ist von den grossen Schweizer Seen derjenige mit dem höchsten Nährstoffgehalt (Abbildung 1a).

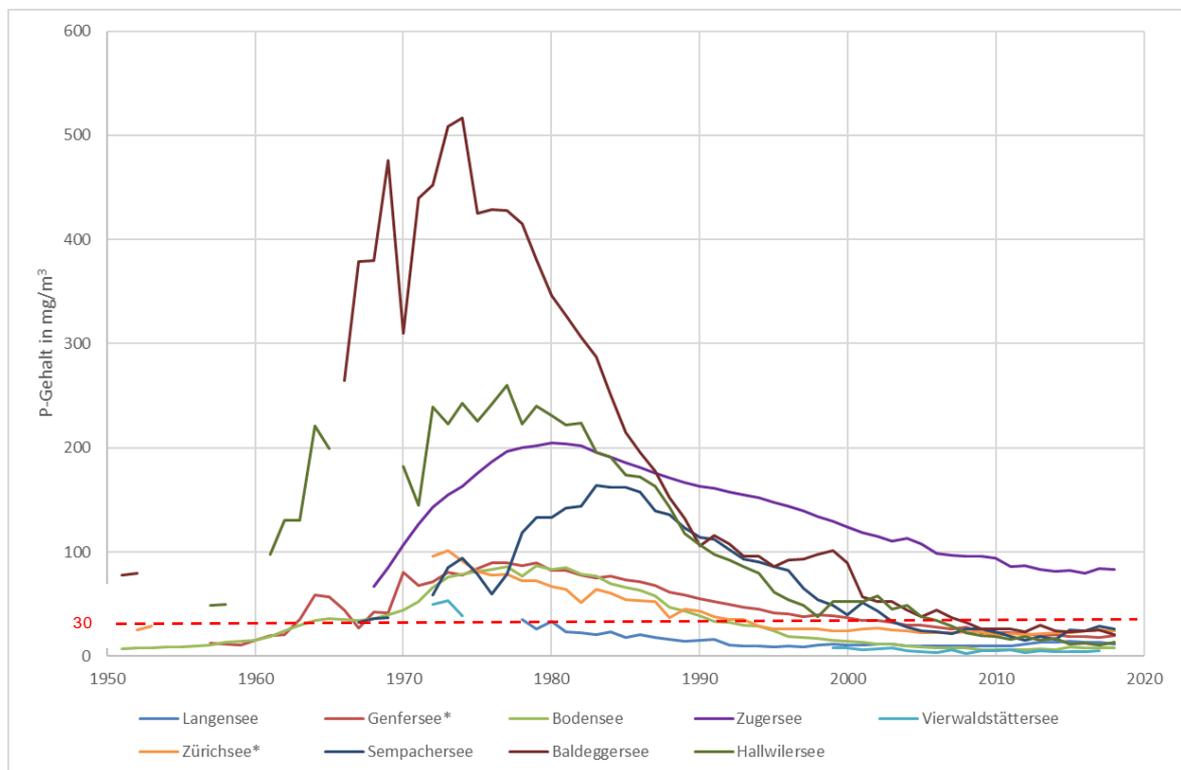


Abbildung 1a: Zeitlicher Verlauf der Phosphor-Konzentrationen in Schweizer Seen zwischen 1950 und 2020 (Quelle: BAFU): Der gemäss GSchV geforderte Zielzustand eines mittel nährstoffreichen Gewässers beträgt 30 mg P/m<sup>3</sup> (vgl. rot gestrichelte Linie).

Seit dem Jahr 2014 erfolgt praktisch keine weitere Abnahme der Phosphorgehalte. Dies zeigt die jährliche Auswertung des Amtes für Umwelt (Abbildung 1b). Der Grund für die Stagnation in der P-Abnahme liegt im Umstand, dass der im Tiefenwasser des Zugersees vorhandene Phosphor im Winterhalbjahr nicht mehr genügend mobilisiert wird und dadurch der Austrag des P-Depots über den Seeabfluss ungenügend erfolgt. Die Klimaerwärmung verstärkt die thermische Schichtung im See; dadurch wird die Zeit im Winterhalbjahr immer kürzer, in der von der Seeoberfläche bis zum Seegrund eine gleichmässige Wassertemperatur um rund 4° C vorliegt, was die Voraussetzung für die natürliche vertikale Zirkulation und die Mobilisierung des Phosphors aus der Seetiefe darstellt. Die durch die Klimaerwärmung verminderte Mischung im See

verhindert auch die Anreicherung von Sauerstoff in der Seetiefe. Die bisherigen Anstrengungen zur Reduktion der Nährstoffbelastung aus der Landwirtschaft und der Siedlungsentwässerung reichen nicht aus, den Zugersee in den mittel-nährstoffreichen (mesotrophen) Zielzustand von 30 mg P/m<sup>3</sup> zurückzuführen.

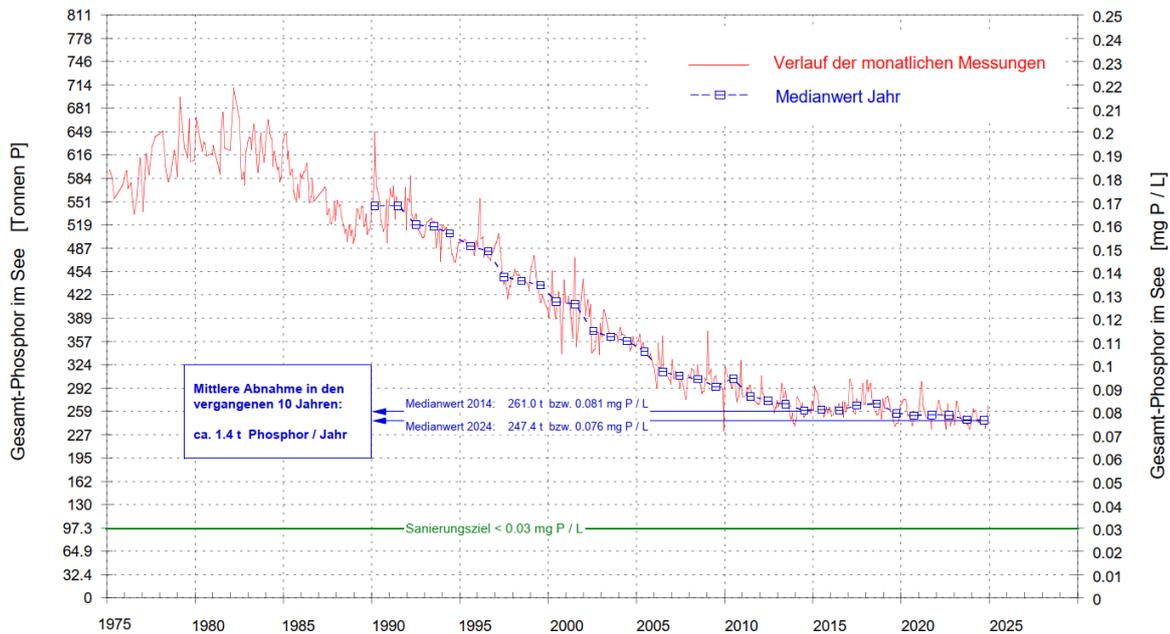


Abbildung 1b: Zeitlicher Verlauf der Phosphor-Konzentrationen im Zugersee zwischen 1975 und 2024. Der gemäss GSchV geforderte Zielzustand eines mittel nährstoffreichen Gewässers beträgt 30 mg P/m<sup>3</sup> (vgl. grüne Linie).

Um den Zugersee nachhaltig zu sanieren und damit die gesetzlichen Anforderungen an die Wasserqualität zu erreichen, sprach sich der Regierungsrat gestützt auf der im Jahr 2019 von der Eawag erarbeiteten Studie<sup>1</sup> für kombinierte see-externe und see-interne Massnahmen aus. Er hat dabei beschlossen, in einem ersten Schritt see-externe Massnahmen koordiniert mit den Anrainerkantonen umzusetzen (Ausscheidung des Zuströmbereichs Z<sub>0</sub>) und parallel dazu mittels Projekterarbeitung see-internen Massnahmen (Zirkulationsunterstützung im Winter) voranzutreiben. Die Bedeutung dieses Vorhabens wird mit der Festlegung des gleichnamigen Legislaturziels 2023–2026 «L149 Sanierung Zugersee» unterstrichen.

Mit Inkraftsetzung des Zuströmbereichs Z<sub>0</sub> dürfen der Direktzahlungsverordnung (DZV) unterworfenen Landwirtschaftsbetriebe im hydrologischen Einzugsgebiet des Zugersees mit einem Nährstoffüberschuss nur noch maximal 80 Prozent des Phosphorbedarfs (gemäss Suisse-Bilanz<sup>2</sup>) ausbringen. Davon ausgenommen sind mit Phosphor normal- und unterversorgte Böden. Diese Massnahme führt dazu, dass sich die mit Nährstoffen überversorgten Böden mit der Zeit abreichern und als Folge davon die Auswaschung und Abschwemmung der Nährstoffe in die

<sup>1</sup> Beurteilung see-interner Massnahmen zur beschleunigten Sanierung des Zugersees, Müller et al. (2019), Eawag, im Auftrag des Amtes für Umwelt des Kantons Zug [online], <https://zg.ch/de/natur-umwelt-tiere/wasser-und-gewaesser/gewaesserqualitaet/zugersee#weiterfuehrendeinformationen>

<sup>2</sup> Die Suisse-Bilanz ist ein Vollzugs- und Planungsinstrument und dient zum Nachweis einer «ausgeglichene Stickstoff- bzw. Phosphorbilanz», gemäss Direktzahlungsverordnung vom 23. Oktober 2013 zur Erfüllung des ökologischen Leistungsnachweises (DZV, SR 910.13) (Bundesamt für Landwirtschaft BLW, 4.8.2023 [online] <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/direktzahlungen/oekologischer-leistungsnachweis/ausgeglichene-duengerbilanz.html>).

Gewässer abnehmen. Dieser Vollzug gemäss DZV läuft in den Kantonen Zug und Luzern seit 1.1.2023 und im Kanton Schwyz seit 1.1.2024.

Im Bericht der Eawag aus dem Jahr 2019 wurde in einer Variantenstudie die Wirkung und Kosten verschiedener see-interner Massnahmen verglichen. Der Bericht kommt dabei zum Schluss, dass die sogenannte «Zirkulationsunterstützung im Winter» durch den Eintrag von Pressluft im Südbecken des Zugersees eine äusserst wirksame und naturnahe technische Massnahme zur langfristigen Genesung des Zugersees darstellt. Mit diesem seit 40 Jahren in diversen Schweizer Seen erprobten Verfahren wird das Phosphorreservoir im Tiefenwasser in einem kontrollierten Prozess in die Oberflächenschicht heraufgemischt und langsam über die Lorze aus dem Zugersee ausgetragen. Damit wird gleichzeitig ein verstärkter Sauerstoffeintrag ins Tiefenwasser ermöglicht, womit durch die resultierende Sauerstoffanreicherung der Lebensraum für die aquatischen Lebewesen, insbesondere für die Fische, vergrössert wird. Andere Varianten, wie eine Tiefenwasserableitung sowie eine Belüftung mit Sauerstoff wurden aufgrund der sehr hohen Bau- bzw. Betriebskosten verworfen.

### **3. Kantonale Richtplananpassung 23/1**

Die Zirkulationsunterstützung bedarf gemäss § 8 Abs. 2 Raumplanungsgesetzes (RPG) einer Festsetzung im Richtplan. Hierfür wurde im Richtplankapitel «L 8.3 Seen» ein neuer Beschluss betreffend die Massnahmen zur Reduktion der Nährstoffbelastung des Zugersees (vgl. L 8.3.4) aufgenommen und das Vorhaben zur Zirkulationsunterstützung am 4. Juli 2024 durch den Kantonsrat festgesetzt. Vorausgegangen war eine öffentliche Vernehmlassung, wodurch die interessierten Kreise Stellungnahmen eingeben konnten.

Der Kantonsrat beschloss im Zuger Richtplan in Walchwil an Land ein Betriebsgebäude und verschiedene Diffusoren im Zugersee (Standort Nr. 1 im Beschluss L 8.3.4). Die Anlagen befinden sich in den Planquadraten S 9 und S 10 auf der Richtplankarte. Der Richtplan ist nicht parzellenscharf und gibt der nachfolgenden Planung Spielraum. Der nun gewählte Standort im Bereich «Löffler» des Betriebsgebäudes weicht rund 300 Meter von der in der Richtplankarte dargestellten Stelle ab, liegt aber nach wie vor in den Planquadraten S 9 und S 10 in der Richtplankarte. Der vorgeschlagene Standort ist besser erschliessbar und hat weniger Konflikte mit der Kantonsstrasse und anderen Nutzungen am See (Bootsplätze, Zugang zum See).

### **4. Projektbeschreibung**

Die Zirkulationsunterstützung ist als see-interne Massnahme neben den see-externen Massnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge die effektivste technische Methode zur nachhaltigen Sanierung des Zugersees. Im Vergleich zu den anderen in Frage kommenden und untersuchten Möglichkeiten zeichnet sich die Zirkulationsunterstützung aus durch:

- eine einfache bauliche Ausführung,
- eine gute Unterstützung der natürlichen Durchmischung im See,
- eine Mobilisierung der grossen Nährstoffdepots im Tiefenwasser,
- eine ganzjährige Erhöhung des Sauerstoffgehalts im Tiefenwasser,
- ein sehr gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis.

#### **4.1. Das Prinzip der Zirkulationsunterstützung im Winter**

Mittels einer technischen Vorrichtung an der tiefsten Stelle im See wird ein Luft-Blasenschleier erzeugt, der im Winter die Zirkulation des Tiefenwassers erzwingt. Dazu sind technische

Einrichtungen nötig, wie sie in ähnlicher Weise im Baldegger-, Sempacher-, und Hallwilersee seit 1982, 1984, respektive 1986 betrieben werden. Die Zirkulationshilfe im Winter löst die Durchmischung im See aus und führt daher zur Mobilisierung des Phosphors in die Oberflächenschicht. Mit diesem Verfahren kann der Phosphor langsam in einem kontrollierten Prozess über die Lorze aus dem See abgeführt werden.

Mit der Zirkulationsunterstützung soll während rund vier Monaten im Winterhalbjahr (von Dezember bis März) mit Hilfe eines landseitigen Betriebsgebäudes und mit höhenverstellbaren Düsen – sogenannte Diffusoren – über der tiefsten Stelle im Südbecken des Zugersees grobblasige Druckluft eingetragener werden (Abbildung 2, Figur links). Die im See aufsteigende Luft erzeugt dabei einen sogenannten «Blasenschleier», welcher die ausbleibende Zirkulation, der sich darüber befindlichen Wassermassen anregt (Abbildung 2, Figur Mitte).

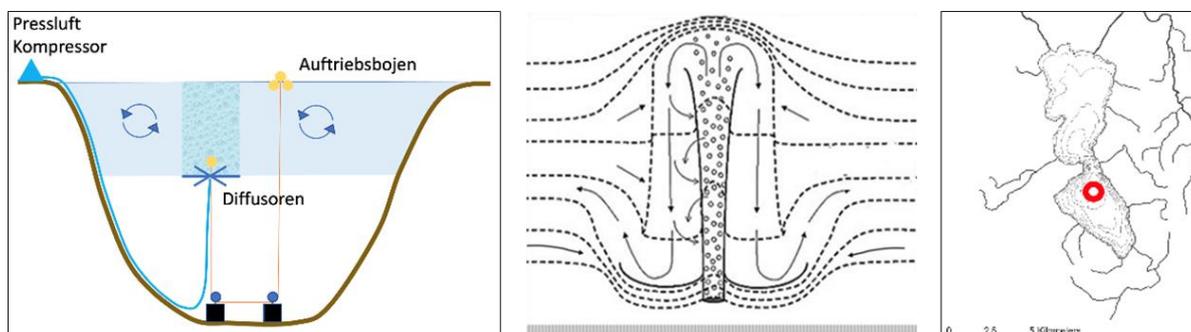


Abbildung 2: Linke Figur: Prinzip der Positionierung der Diffusoren. Mittlere Figur: Schematischer Schnitt des entsprechenden Luft-Blasenschleiers. Rechte Figur: Lage der Diffusoren im Bereich der tiefsten Stelle im Südbecken (Quelle: Eawag, 2022).

Die schematische Darstellung zeigt dabei das Strömungsbild und die sogenannten Isoplethen (= Linien gleicher Temperatur, gestrichelte Linien) und vermitteln eine Idee, wie komplex allein die Mischungsvorgänge sind, die durch die aufsteigenden Blasen ausgelöst werden. Dabei werden je nach Menge der aufsteigenden Blasen entsprechende Wassermengen kaminartig nach oben bewegt und erzeugen dabei eine vertikale Strömung, welche das Wasser aus der Tiefe an die Oberfläche transportiert und dabei die natürliche Mischung des Sees im Winter unterstützt. Zum Gelingen des Phosphor-Austrags aus dem See ist zusätzlich die horizontale Durchmischung des Sees von zentraler Bedeutung. Gemäss Machbarkeitsstudie zum Energieverbund der Stadt Zug aus dem Jahr 2014<sup>3</sup> ist bekannt, dass die natürlichen Transportvorgänge im Zugersee in horizontaler Richtung dazu führen, dass der in den aufgemischten Schichten enthaltene Phosphor innerhalb von wenigen Tagen und Wochen an den Ausfluss des Sees transportiert und damit über die Lorze ausgetragen wird.

Die Diffusoren werden dabei über der tiefsten Stelle im Südbecken angebracht (Abbildung 2, Figur rechts). Die darüber liegende Wassersäule kann damit in den Wintermonaten durch eine geeignete Tiefenpositionierung der Diffusoren kontrolliert gemischt werden. Mit dem Absenken der Diffusoren um jährlich zehn bis zwanzig Meter wird jeweils eine grössere Wasserschicht gemischt bis nach insgesamt sechs bis zwölf Jahren die gesamte Wassersäule vollständig gemischt wird.

<sup>3</sup> Energieverbund Zug – Machbarkeitsstudie – Technischer Bericht Seewasser, Schmid M. (2014), Eawag, im Auftrag der Stadt Zug



Abbildung 3: Aufsteigende Luftblasen während der winterlichen Zirkulationsunterstützung beim Baldeggersee (links) und Hallwilersee (rechts). (Quelle: Eawag, 2022).

Sichtbare Auswirkungen der Wintermischung mit grobblasiger Luft an der Seeoberfläche sind einzig die Markierungsbojen der Diffusoren und die bis an die Seeoberfläche aufgestiegenen Luftblasen (Abbildung 3), welche den Standort der Diffusoren in der Tiefe anzeigen. Sie stellen jedoch für die Schifffahrt, die Fischerei und sonstigen Wasseraktivitäten keine Gefahr dar.

#### 4.2. Betriebsgebäude

Für die Zirkulationsunterstützung des Zugersees wird landseitig ein Betriebsgebäude benötigt. Das Betriebsgebäude ist einerseits zur Unterbringung der notwendigen Technik und andererseits zum zweckmässigen Betrieb, Wartung und Unterhalt ausgelegt.

Der ursprünglich geplante Standort für das Betriebsgebäude befand sich bei der stillgelegten ARA in Walchwil, leicht nördlich des Sagenbachs. Eine genauere Betrachtung der technischen Machbarkeit zeigte, dass eine Umsetzung des Betriebsgebäudes an diesem Standort nicht möglich ist. Ausserdem liegt der Standort direkt vor einer im Bundesinventar der historischen Verkehrswege der Schweiz (IVS) erfassten Kunstbaute, welche durch den Bau teilweise abgebrochen werden müsste. Eine daraufhin durchgeführte Standortevaluation ergab einen geeigneten Standort auf dem Grundstück in Walchwil im Bereich Löffler, zwischen der Zugerstrasse und dem SBB-Trasse.

Hier wird das Gebäude in den Hang hinein gebaut. Um das Gebäude erstellen zu können, muss eine rückverankerte Baugrube erstellt werden. Nach Abschluss der Arbeiten wird die Baugrube so aufgefüllt, dass im Endzustand lediglich die Vorderseite des Betriebsgebäudes sichtbar bleibt.

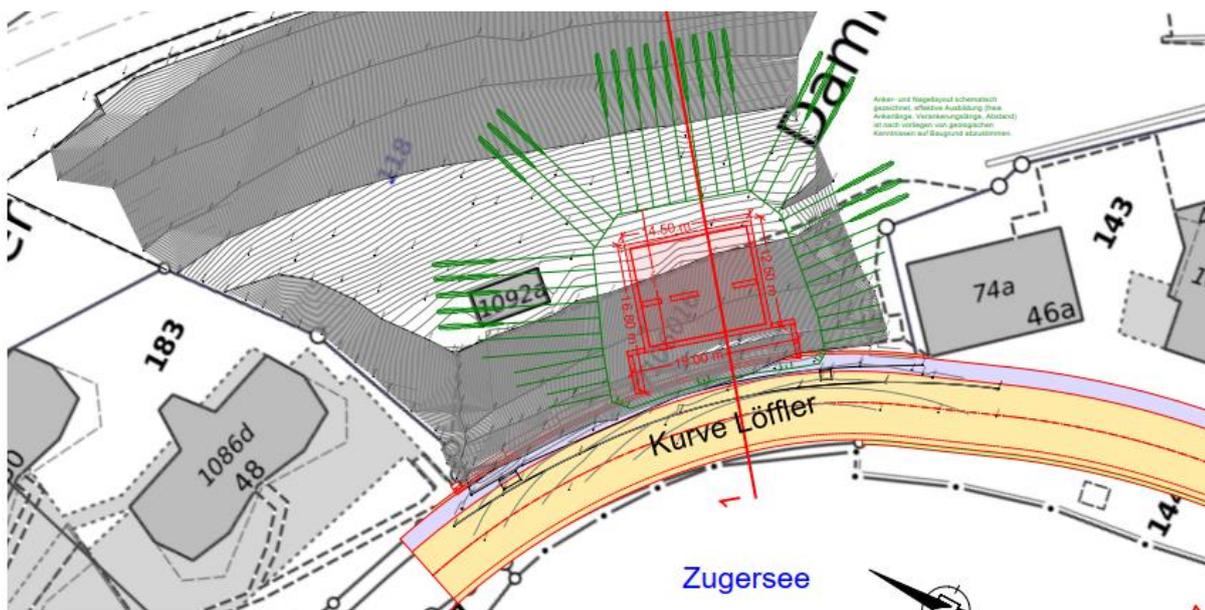


Abbildung 4: Grundriss des Betriebsgebäudes (Quelle: Basler &amp; Hofmann AG, 2024)

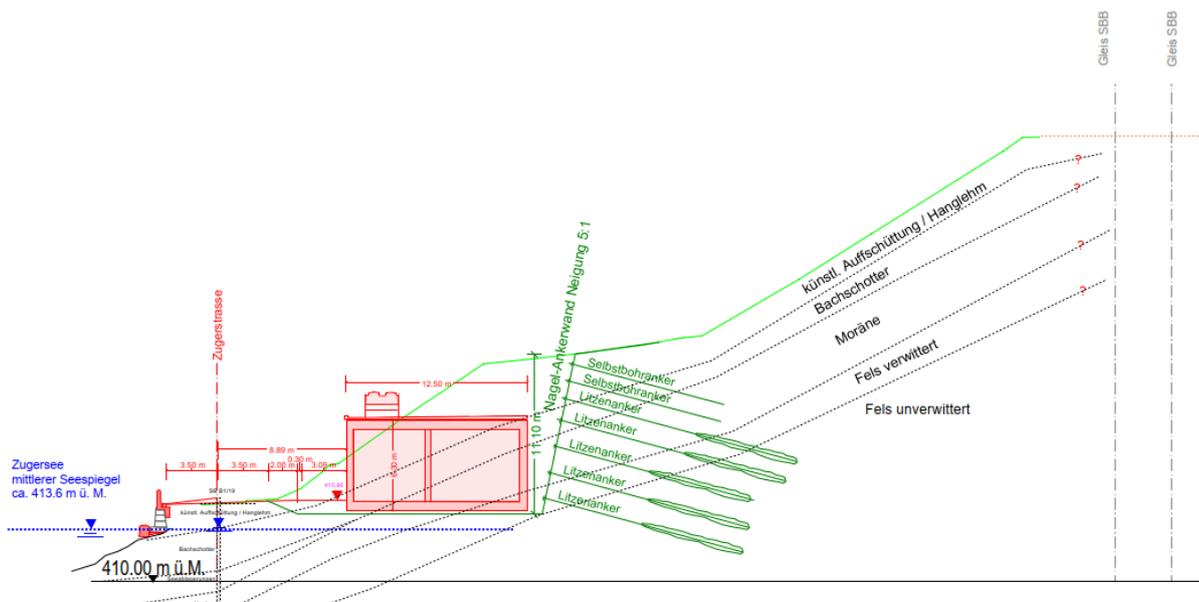


Abbildung 5: Schnitt durch das Betriebsgebäude (Quelle: Basler &amp; Hofmann AG, 2024)

Die Verbindung zum Zugersee, in welcher die Druckluft geführt wird, wird mit einer Spülbohrung gemacht. Diese führt unter der Zugerstrasse hindurch und kommt ungefähr zehn Meter unter der Wasseroberfläche wieder aus dem Untergrund. Ab diesem Punkt werden die Leitungen auf dem Seegrund geführt.

Im Betriebsgebäude sind zwei baugleiche redundante ölfreie Kolbenkompressoren mit einer Leistung von je 250 kW vorgesehen (Abbildungen 6, rechte Figur) und die restliche Technik für die Steuerung der Anlage platziert (Abbildung 6, linke Figur). Die Kompressoren können dabei die benötigte Druckluft auf 30 bar verdichten, bevor sie über insgesamt fünf ca. 1,3 km lange Seeleitungen zu den Diffusoren im See gepumpt werden.

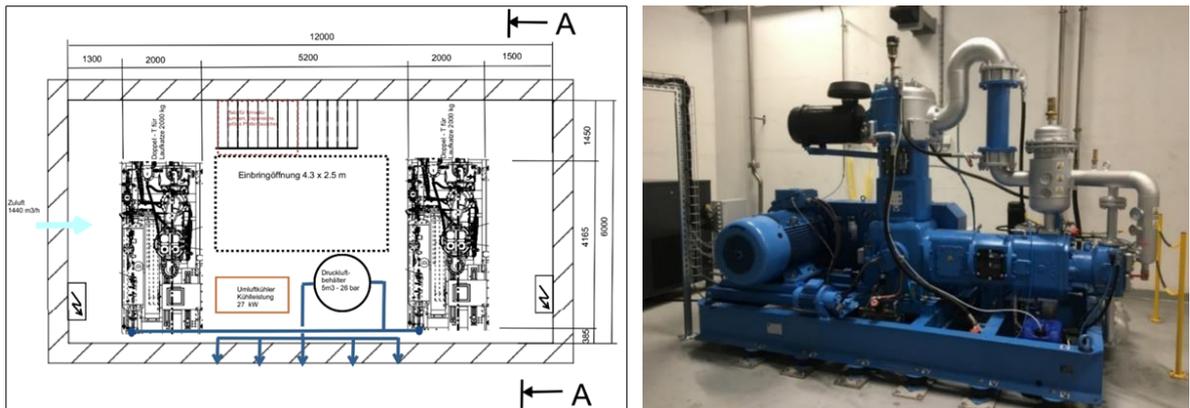


Abbildung 6: Linke Figur: Layout-Platzbedarf im geplanten Betriebsgebäude, rechte Figur: Beispiel Druckluft-Kompressor (Quelle: BRA Turbo Ing. AG, 2023)

Im Betriebsgebäude wird ein allgemeiner Betriebsraum für das Personal und Unterhaltsmaterial eingerichtet. Das Gebäude bietet ebenfalls Platz für eine Trafostation, die Schaltanlagen und Steuerungen der Belüftungsanlage sowie für die Unterbringung der benötigten beiden Kolbenkompressoren und Druckbehälter. Das Betriebsgebäude verfügt über ein grosses Tor, über welches die grossen und schweren Komponenten eingebracht werden können. Auf die schalltechnische Dämmung der Kompressoren wird ein besonderes Augenmerk gelegt. Damit die Kompressoren ausserhalb des Gebäudes nicht wahrgenommen werden, wird das Betriebsgebäude in die natürliche Böschungskante eingebaut.

#### 4.3. Geplanter Standort der Diffusoren und Leitungsbau im See

Es ist geplant, fünf Seeleitungen vom Betriebsgebäude beim Standort «Löffler» aus in den tiefsten Bereich des Sees zu führen. Am Ende jedes Leitungsstrangs wird ein Diffusor montiert, welcher kontrolliert Luft in den See einbläst. Die Diffusoren werden im Kanton Zug zu liegen kommen. Für die Diffusoren im See wird im Rahmen der Ausführungsplanung ein koordiniertes Bau- und Konzessionsverfahren durchgeführt. Die Lage der Diffusoren und die Linienführung der Seeleitungen sind approximativ in Abbildung 7 dargestellt.

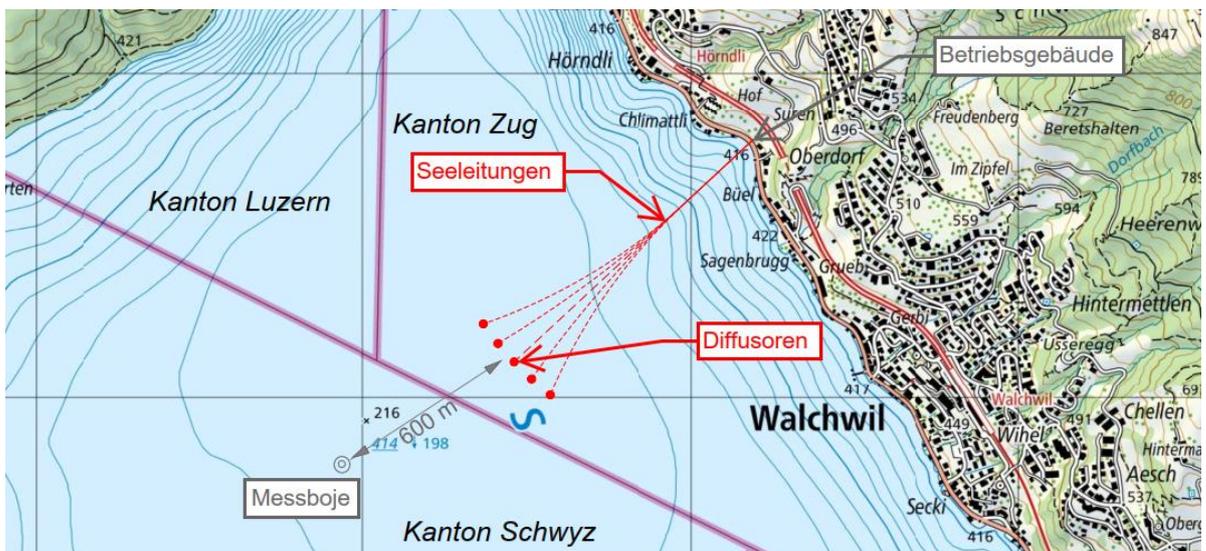


Abbildung 7: Geplante Lage des Betriebsgebäudes beim Standort «Löffler» und der Seeleitungen mit den Diffusoren und der Messboje (schematisch eingezeichnet) (Quelle: BRA Turbo Ing. AG und AFU, 2024)

Die Seeleitungen werden grösstenteils aus herkömmlichen HDPE-Kunststoffrohren mit einem Aussendurchmesser von 125 Millimeter mit Wandstärke von 25 Millimeter gefertigt. Dieses starkwandige Rohr weist neben der hohen Zugfestigkeit auch gute Knickeigenschaften aus. Diese Eigenschaften sind insbesondere während des Absenkvorgangs der Seeleitungen und der Standortverschiebungen der Diffusoren wichtig.



Abbildung 8: Linke Figur: HDPE-Leitung mit Drahtseil umwickelt im schwimmenden Rohrlager. Rechte Figur: Rohrschweisplatz auf einer Wiese am Seeufer (Quelle: Willy Stäubli Ing. AG 2023)

Für den Leitungsbau wird temporär ein geeigneter Schweisplatz direkt am See mit einer Grösse von mindestens 300 Meter x 50 Meter benötigt (beispielhaft in Figur rechts Abbildung 8 dargestellt). In der Nähe des Schweisplatzes muss ein schwimmendes Rohrlager im See erstellt werden, um die Rohre zwischenzulagern (beispielhaft Figur links Abbildung 8 dargestellt).

Abklärungen im Zusammenhang mit der Suche nach einem geeigneten Installationsplatz haben ergeben, dass dazu auf der gegenüberliegenden Seite von Walchwil im Gebiet Küssnacht und Immensee auf Schwyzer Kantonsseite Möglichkeiten für einen Installations- und Schweisplatz bietet. Die im Fokus stehenden Grundstücke sind im Besitz des Kantons Schwyz. Erste Gespräche haben bereits stattgefunden.

#### 4.4. Geplanter Betrieb der Diffusoren

Die Diffusoren werden am Ende der ballastierten Seeleitung angeschlossen und haben die Aufgabe die Druckluft in der richtigen Tiefe, mit der nötigen Blasengrösse und Menge in den See «einzudüsen». Zu diesem Zweck muss ein «Lift» erstellt werden (Figur links in Abbildung 9). Auf diese Weise kann jeder Diffusor in der gewünschten Wassertiefe verankert werden. Zusätzlich kann jeder Diffusor mit Hilfe eines geeigneten Serviceboots oder Pontons verschoben und für Reinigungs- und Wartungsarbeiten an die Oberfläche gehievt werden.

Die Verankerung des Systems wird durch einen vier Tonnen schweren Ankerstein aus bewehrtem Beton sichergestellt. Um das ganze System sicher betreiben zu können, muss die installierte Tragboje einen Auftrieb von drei Tonnen Gewicht entwickeln. Auf der Oberseite der Tragboje befinden sich Seilklemmen, welche die Führungsseile festhalten. Zusätzlich wird das Restseil auf Haspeln aufgewickelt, um eine Reserve für Wartungsarbeiten und allfällige Verschiebungen in grössere Seetiefen zu haben. Die Tragboje wird mit einer Markierungsboje gekennzeichnet, so wird sie jederzeit einfach erkannt. Die Markierungsboje wird mit einer Solarleuchte und einem Radarreflektor ausgerüstet.

Mittels zahlreichen Berechnungsdurchgängen in Abhängigkeit der benötigten Blasengrösse am Düsenaustritt, der jeweiligen Tiefenlage, Geometrie und Anzahl der Diffusoren wurde ein ringförmiges Design mit einem Durchmesser von drei Metern als optimale Diffusorengrösse festgelegt (Figur rechts in Abbildung 9). Jeder der fünf geplanten Diffusoren wird an einer Tragboje aufgehängt und kann damit in jeder beliebigen Wassertiefe verankert werden. Seitlich des Diffusors werden Führungsrohre montiert. Alle Stahlbauteile werden aus rostfreiem CNS-Stahl gefertigt, um die Langlebigkeit des Systems zu gewährleisten.

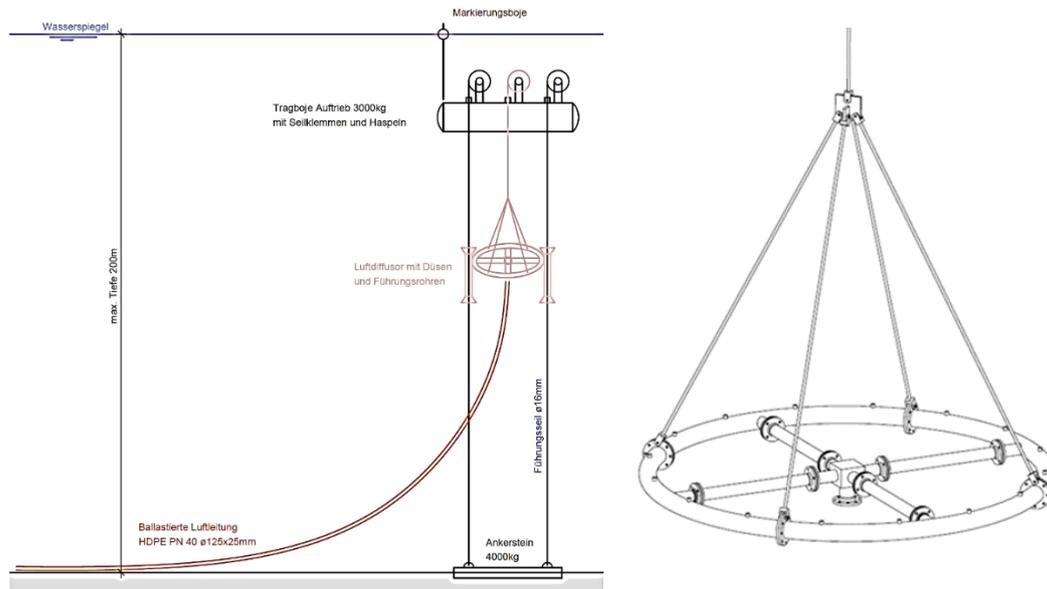


Abbildung 9: Figur links: Vorgeschlagenes «Lift»-Konzept für den Betrieb der Diffusoren. Figur rechts: Geplantes ringförmiges Diffusorenlayout, mit dem die Luftzufuhr in verschiedenen Tiefenlagen positioniert und einzeln gesteuert werden kann (Quelle: BRA Turbo Ing. AG, 2023)

Im ersten Betriebsjahr soll die Zirkulationsunterstützung in einer Tiefe von 90 Meter und mit einem Luftdruck von ca. zwölf bar gestartet werden. Danach werden die Diffusoren jedes Jahr um bis zu 20 Meter gesenkt, bis die maximale Tiefe von 190 Meter erreicht wird. Beim Absenken der Diffusoren um 20 Meter muss der Luftdruck jeweils um ca. zwei bar erhöht werden. In einer Tiefe von 190 Meter wird der benötigte Luftdruck somit ca. 22 bar betragen. Durch das Anbringen der Diffusoren an höhenverstellbaren Unterwasserbojen kann dabei der Tiefenbereich, in welchem die vertikale Zirkulation angeregt werden soll, genau gesteuert werden.

#### 4.5. Messboje für die Überwachung

Für die Steuerung und Überwachung der Wirksamkeit der Anlage wird ein Online-Messsystem des Typs Flydog Marine Typ «Oscar» zur Erfassung der notwendigen Messparameter vorgesehen, wie sie heute bereits im Ägerisee zum Einsatz kommt. Die als Profiler konzipierte Messboje ist mit der entsprechenden Sensorik ausgestattet, die über ein Tiefenprofil Temperatur, Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit, pH-Wert und das Algenwachstum messen kann (Abbildung 10). Die Daten werden auf der gemeinsamen Datalakes-Plattform<sup>4</sup> des BAFU/Eawag/Kantone publiziert und können damit jederzeit online geprüft werden.

<sup>4</sup> «Datalakes» ist eine heterogene Datenplattform für die Modellierung und Vorhersage von Schweizer Seen (BAFU, Eawag, Kantone), bei denen verschiedenen Parameter von Gross- und Kleinseen sowie 3D- und 1D-Simulationen öffentlich zugänglich sind [Online], <https://www.datalakes-eawag.ch/>

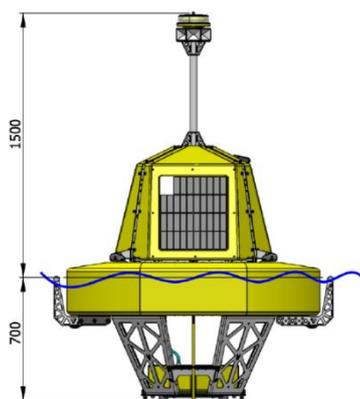


Abbildung 10: Messboje «Oscar» von Flydog Marine (Quelle: BRA Turbo Ing. AG 2023)

Die Messboje besteht aus einem Schwimmer aus Polyurea Kunststoff und einem Metallrahmen. Sie ist sehr widerständig gegen mechanische Einwirkungen, Chemikalien und UV-Strahlen. Die Verankerung der Bojen basiert auf zwei Ankerleinen, die an den Seiten der Boje befestigt sind. Zudem ist die Boje mit Solarzellen ausgestattet, die genug Energie erzeugen, um einen energieautonomen Betrieb zu garantieren. Zur Bewilligung der im Kanton Schwyz zu liegenden Messboje wird bei den zuständigen Fachstellen ein koordiniertes Bau- und Konzessionsverfahren durchgeführt.

#### 4.6. Betrieblicher Unterhalt

Für die Wartung, Kontrollen und den baulichen Unterhalt der im See installierten Anlagen ist ein geeignetes Serviceboot beziehungsweise ein Ponton mit einer Krananlage für das Heben und Versetzen der Diffusoren inklusive der Druckleitungen erforderlich.

Für die Positionierung der Diffusoren und Kontrolle des Blasenbildes ist zusätzlich ein Echolot notwendig. Gemäss Erfahrungswerten bei den Belüftungsanlagen im Sempacher- und Baldeggersee sind dabei zweimal jährlich Reinigungsarbeiten von bis zu zwei Tagen Dauer einzukalkulieren. Es ist davon auszugehen, dass für die Erstellung der Anlage, insbesondere für die Einstellung der Blasengrösse der Diffusoren das Serviceboot bzw. der Ponton häufiger eingesetzt werden muss.

Im Rahmen der Projektoptimierung wurde als Variante zur Beschaffung eines eigenen Serviceboots, bei dem mit Kosten von ca. 2,5 Millionen Franken gerechnet werden müsste, die Miete eines auf dem Zugersee bereits vorhandenen Pontons mit einem Pneukran geprüft. Dieser Ponton wurde in Vergangenheit für Wasserbauarbeiten auf dem Zugersee eingesetzt. Da der Ponton alle Voraussetzungen für die erforderlichen Servicearbeiten erfüllt, wurde für den Variantenentscheid ein direkter Kostenvergleich von beiden Varianten vorgenommen. Dieser zeigt auf, dass die dafür notwendigen Mietkosten für den Ponton deutlich tiefer ausfallen als die Gesamtkosten für den Bau- und Betrieb eines eigenen Serviceboots. Ausserdem muss kein Standplatz mit der entsprechenden Infrastruktur für ein neues Boot erstellt oder gemietet werden.

#### 4.7. Auswirkungen des Quagga-Muschel-Befunds

Im Juli 2024 wurde ein erster Befund des Auftretens der Quagga-Muschel im Zugersee bestätigt<sup>5</sup>. Es existieren heute keine wirksamen Methoden, um die Quagga-Muscheln in ihrer natürlichen Umgebung zu bekämpfen. Daher ist in den nächsten Jahren mit einem starken Wachstum der Population zu rechnen.

Durch das Auftreten der Quagga-Muschel sind gegenüber dem heutigen Zustand keine grossen Veränderungen des P-Gehalts im Zugersee zu erwarten. Mit der grossen Filtriertätigkeit der Muscheln wird der im Plankton vorhandene Phosphor zwar kurzfristig gebunden. Dieser kann allerdings nur zu einem sehr geringen Anteil in Biomasse und Schalen der Muscheln akkumuliert werden. Eine Abschätzung des zukünftig in der Muschelmasse fixierten Phosphors im Zugersee weist nach, dass dieser Anteil auch bei sehr starker Muschel-Belegung gegenüber dem P-Gehalt im gesamten See sehr gering ist und lediglich 1–2 % ausmachen dürfte. Der grosse Anteil an Phosphor gelangt im Endeffekt über die Ausscheidungen und absterbende Muscheln wieder zurück in den See. Dies führt dazu, dass gegenüber heute kaum Veränderungen im Phosphorhaushalt des Zugersees zu erwarten sind. Der im sauerstofflosen Tiefenwasser des Zugersees eingeschlossene Phosphor würde ohne künstliche Zirkulationshilfe weiterhin dort verbleiben. Die Quagga-Muschel kann damit das Phosphorproblem im Zugersee nicht lösen. In Abwägung der verschiedenen Vor- und Nachteile kommt klar zur Geltung, dass der Bau der Zirkulationsunterstützung möglichst zügig realisiert werden soll. Dies bietet praktisch nur Vorteile. Es ist allerdings mit einem gewissen Mehraufwand durch das notwendige Entfernen des störenden Muschelbewuchs auf beweglichen Anlageteilen und Belüftungsaggregaten zu rechnen.

Das Auftreten der Quagga-Muschel stellt kein Hindernis für die geplante Zirkulationsunterstützung dar und hat auch keinen Einfluss auf die Relevanz der geplanten Massnahmen.

### 5. Auswirkungen und Monitoring

#### 5.1. Phosphor- und Sauerstoffgehalt

Die Zirkulationsunterstützung führt lediglich zu einer geringen Veränderung gegenüber einem natürlichen Mischungsverlauf. Da die Mischungstiefe jederzeit angepasst werden kann, kann der Phosphor-Gehalt in der Oberflächenschicht gesteuert werden. Der Phosphorgehalt im See wird sich ganzjährig in der produktiven Oberflächenschicht der Zirkulationsunterstützung um maximal 15 mg/m<sup>3</sup> erhöhen. Dies entspricht dem Zustand im letzten Jahrzehnt und liegt im Bereich der seit 2006 aufgetretenen natürlichen Schwankungen. Daher dürfte sich auch das Ökosystem ähnlich verhalten, wie es in diesem Zeitraum der Fall war. Es wird deshalb keine erhöhte Primärproduktion erwartet und dementsprechend auch keine erhöhte Mineralisation und Sauerstoffzehrung am Seegrund. Ebenso ist im Vergleich zum Zustand anfangs dieses Jahrhunderts auch nicht mit einer verstärkten Bildung von Algenteppichen oder Algenblüten zu rechnen. Die Entstehung von Algenblüten ist je nach Witterungsbedingungen mit oder ohne Zirkulationsunterstützung jederzeit möglich. Mit den leicht erhöhten Phosphorgehalten dürfte sich auch das Risiko für Blaualgenblüten leicht erhöhen. Entsprechende Prognosen sind jedoch nicht genau vorhersagbar, da die Konzentrationsveränderungen nur gering sind und andere Faktoren wie zum Beispiel die Wetter- und Klimabedingungen einen mindestens ebenso grossen Einfluss haben.

---

<sup>5</sup> Medienmitteilung Kanton Zug «Quaggamuschel im Zugersee nachgewiesen, (Kanton Zug, 16.07.2024 [online] [https://zg.ch/news/news~\\_2024\\_7\\_quaggamuschel-im-zugersee-nachgewiesen-.html](https://zg.ch/news/news~_2024_7_quaggamuschel-im-zugersee-nachgewiesen-.html))

Anschliessend sollte der P-Gehalt in Richtung neuem Stationärzustand<sup>6</sup> sinken. Dieser wird sich ungefähr im Jahr 2070 einstellen.

Die winterliche Zirkulationsunterstützung bewirkt nicht nur das Hinaufmischen von Phosphor in die Oberflächenschicht, sondern fördert auch eine verstärkte Sauerstoffaufnahme in der Tiefe. Die Erfahrung bei anderen Seen mit Zirkulationsunterstützung beziehungsweise Belüftung zeigt, dass der Sauerstoffgehalt im Frühling jeweils nahe bei der Sättigung liegt. Die Versorgung des Sees mit ausreichend Sauerstoff gewährleistet eine Erweiterung des Lebensraums für höhere Organismen und damit eine vielfältigere Nahrungskette. Dadurch wird auch die Mineralisation von absinkendem organischem Material verbessert.

## 5.2. Umgang mit Risiken der Zirkulationsunterstützung auf die Ökologie

Die geplante Zirkulationsunterstützung des Zugersees hat wesentlichen Einfluss auf die Phosphorbilanz des Sees. Sie steigert den Phosphor-Austrag aus dem Zugersee. Die Mobilisierung des Phosphors (P) aus dem Tiefenwasser führt zu einer temporären Erhöhung des P-Gehalts im Oberflächenwasser und im Auslauf der Lorze. Die Auswirkungen der Zirkulationsunterstützung wurden vom Amt für Umwelt in Zusammenarbeit mit der Eawag grundlegend abgeklärt und sind im gleichnamigen Bericht vom April 2022 beschrieben.<sup>7</sup> Als Fazit werden die negativen Auswirkungen auf den See, Fauna und Flora von der Eawag als gering eingeschätzt. Um auf allfällige negative Veränderungen in den betroffenen Ökosystemen möglichst adäquat reagieren zu können, wird parallel zur Zirkulationsunterstützung projektintegriert für die ersten fünf Jahre ein gezieltes Monitoring implementiert (vgl. Kapitel 5.3).

Nachfolgend werden mögliche negative Auswirkungen der Zirkulationsunterstützung beschrieben sowie die Massnahmen, mit welchen diesen Risiken entgegnet werden:

- Mit der Inbetriebnahme der Zirkulationsunterstützung wird der P-Gehalt im Oberflächenwasser des Zugersees ansteigen. Die erhöhten Werte sind für die Seeoberfläche jedoch nicht ungewöhnlich. Es handelt sich um Werte, die sich in der Grössenordnung der natürlichen Variation der letzten 15 Jahre bewegen. Durch diese leichte Erhöhung der P-Konzentration im Oberflächenwasser besteht grundsätzlich die Möglichkeit, dass Blaualgenblüten und im Frühsommer Ansammlungen von Algenmatten vermehrt auftreten. Gemäss obgenanntem Bericht sind die Risiken dazu gering, da der Betrieb der Zirkulationsunterstützung in regulierter Weise erfolgt und dadurch die Mobilisierung an Phosphor gesteuert werden kann. Schilfbestände und Fangerträge von Felchen sollten dadurch nicht wesentlich beeinflusst werden. Ausserdem ist davon auszugehen, dass die Produktion von Algen im See aktuell weniger durch die Verfügbarkeit von Phosphor, sondern durch das Licht limitiert ist. An diesem limitierenden Faktor verändert die Zirkulation nichts. Der P-Gehalt im See wird durch das «Monitoring P-Konzentration und Phytoplankton» überwacht. Dabei wird beobachtet, wie sich die Massenbilanz verändert und wie viel Phosphor aus dem See ausgetragen wird. Durch das gezielte Monitoring kann die Zirkulationsunterstützung sehr genau eingestellt werden, um das Risiko eines unverträglichen P-Gehalts im Oberflächenwasser auszuschliessen. Das allfällige Aufkommen von unerwünschten Algenmatten an der

---

<sup>6</sup> Wenn der Nährstoffgehalt eines Sees im Gleichgewicht ist und sich über die Zeit nicht wesentlich ändert, spricht man von einem stationären Zustand.

<sup>7</sup> Vgl. «Auswirkungen der Zirkulationsunterstützung (Beurteilung see-interner Massnahmen zur beschleunigten Sanierung des Zugersees)», April 2022, Beat Müller et. al., interner Bericht im Auftrag des Amtes für Umwelt, April 2022

Seeoberfläche wird im Rahmen des «Monitoring-Auswirkungen auf den See» beobachtet (vgl. Kapitel 8.2).

- Das Gebiet des Flachmoors Rüssspitz wird bei hohem Abfluss in der Lorze überflutet. Es bestehen Bedenken hinsichtlich einer möglichen Beeinträchtigung durch erhöhte Nährstoffeinträge, welche das sensible nährstoffarme Gleichgewicht stören. Dadurch werden konkurrenzschwache, moortypische Pflanzen durch unerwünschte Arten verdrängt. Dies führt letztlich zu einem Verlust an Biodiversität. Da die Moorböden aufgrund der jahrelangen hohen P-Abflüssen der Lorze bereits stark mit Phosphor angereichert sind, ist davon auszugehen, dass die erhöhten P-Einträge aus der Lorze aufgrund der Zirkulationsunterstützung nicht ins Gewicht fallen. Um mögliche Beeinträchtigungen ausschliessen zu können, sollen diese mittels geeignetem «Monitoring-Auswirkungen auf Lorze und Reusspitz» beobachtet werden (vgl. Kapitel 8.2).
- Fische und andere Lebewesen im See gewinnen durch die verbesserten Sauerstoffverhältnisse in tiefen Lagen mehr Lebensraum zurück. Eine Schädigung von Biodiversität, Fangertrag oder Vielfalt ist nicht zu erwarten. Bisher sind keine wissenschaftlich gestützten Zusammenhänge zwischen Fangerträge und P-Konzentration bekannt. Allenfalls ergeben sich kurz- und mittelfristig negative Auswirkungen auf die Fische und deren Laichplätze in der oberen Seeschicht. In einem Monitoring ist diese Entwicklung zu überwachen und – sofern nötig – umgehend darauf zu reagieren. Das Amt für Wald und Wild (AFW) erhebt dazu die Daten zum Fangerfolg der Berufs- und Angelfischer, die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Fische im Zugersee sowie den Bruterfolg.
- Durch die Zirkulationsunterstützung wird der Phosphor im Tiefenwasser des Zugersees mobilisiert und ins Oberflächenwasser gebracht, mit dem er später über die Lorze aus dem See ausgetragen wird. Dazu ist es wichtig, dass die Umlagerung ins Nordbecken durch den «Engpass» beim Chiemen problemlos funktioniert. Dabei gibt es ein Risiko, dass dieser Prozess teilweise unterbunden wird. Dies geschieht, falls die Phosphorsedimentation im Südbecken besonders hoch wäre oder eine grosse P-Aufnahme durch Phytoplankton erfolgen würde. Im Rahmen des «Monitoring P-Konzentration und Phytoplankton» (vgl. Kapitel 8.2) soll deshalb mittels Sedimentfallen die Phosphor-Sedimentation im Südbecken gemessen werden. Damit kann gewährleistet werden, dass schnell und zielgerichtet reagiert werden kann, um den geforderten Phosphor Austrag zu gewährleisten.

### **5.3. Monitoringkonzept 2026–2030 als projektbegleitende Massnahme**

Zur Erreichung des Sanierungsziels einer «mittleren Produktion» von maximal 30 mg P/m<sup>3</sup> (GSchV, SR 814.201; Anhang 2 Ziff. 13 Abs. 2) wird mit einem mehrere Jahrzehnte dauernden Betrieb der Zirkulationsunterstützung über die Wintermonate bis ins Jahr 2070 gerechnet. Der Zugersee wird bereits seit vielen Jahren chemisch-physikalisch und biologisch durch das Amt für Umwelt (AFU) überwacht. Monatliche Probenahmen durch das Amt für Verbraucherschutz (AVS) mit entsprechenden Analysen im kantonalen Labor liefern hierzu die Datengrundlagen, welche vom AFU jährlich ausgewertet und publiziert werden. Ergänzend dazu untersucht das Amt für Wald und Wild (AFW) den Zugersee hinsichtlich der fischereilichen Aspekte.

In Zusammenhang mit der geplanten Zirkulationsunterstützung werden die bereits bestehenden Untersuchungen im Zugersee insbesondere vor und unmittelbar nach der Inbetriebnahme der

Zirkulationsunterstützung erweitert werden müssen. Dies ist deshalb notwendig, um einerseits die Zirkulationsunterstützung optimal steuern zu können und andererseits, um die erwarteten Veränderungen in den verschiedenen Ökosystemen (Zugersee, Lorze, Reussspitz) beobachten bzw. überwachen zu können. Gemäss vorliegendem Monitoringkonzept sollen zwei Jahre vor und drei Jahre nach Inbetriebnahme der Zirkulationsunterstützung insbesondere die Veränderungen bei der Fischfauna und beim Plankton mit einem zweckmässigen biologischen Monitoring im Nord- und im Südbecken untersucht werden. Ergänzend dazu sind zusätzliche Untersuchungen in der Lorze und im Flachmoor Reussspitz vorgesehen. Zur Überwachung der Entwicklung des Phosphorgehalts sowie des Phytoplanktons ist eine wissenschaftliche Begleitung vorgesehen.

Das Monitoringkonzept 2026–2030 beinhaltet neben einer 3D-Modellierung zum Phosphor- und Sauerstoffgehalt zur optimierten Steuerung der Zirkulationsunterstützung zusätzliche chemische Untersuchungen, biologische Untersuchungen zum Plankton-, Algen-, Fisch- und Wasserpflanzenbestand sowie Untersuchungen in der Lorze und im Flachmoor Reussspitz zum Nährstoffgehalt der Böden. Mittels dem sogenannten Aquascope – einer im Zugersee installierten Unterwasserkamera – wird seit Anfang Juni 2024 die Planktonentwicklung als wichtige Nahrungsgrundlage für die Fische im Zugersee erforscht. Die Unterwasserkamera liefert dabei hochauflösendes Bildmaterial und ist in der Lage, dieses automatisiert auszuwerten.



Abbildung 13: An dieser Boje ist das Aquascope im Zugersee vor der Fischbrutanstalt in Walchwil verankert (Quelle: Eawag)

Das Aquascope befindet sich ca. 30 Meter von der Brutanstalt Walchwil entfernt und schwimmt mit Hilfe einer speziellen Boje im See. Damit können künftig wichtige Erkenntnisse über die Wasserqualität und die aquatische Biodiversität des Zugersees gewonnen werden<sup>8</sup>. Verändert sich der Bestand oder die Zusammensetzung von Plankton, kann dies grosse Auswirkungen

---

<sup>8</sup> Vgl. Medienmitteilung «Unterwasserkamera erforscht Mikrokosmos im Zugersee», Eawag, 5.6.2024 [online] <https://www.eawag.ch/de/info/portal/aktuelles/news/unterwasserkamera-erforscht-mikrokosmos-im-zugersee/> sowie Echtzeit-Bilder von Plankton im Zugersee, Eawag, 12.6.2024 [online] <https://aquascope.ch/latest-data-zugersee/>

auf das Ökosystem See und damit auch auf den Fischbestand haben. Im Zugersee schwanken insbesondere die Fangzahlen der Felchen – dem Brotfisch der Berufsfischer – stark. Auch die Konzentration von Blaualgen, wie der Burgunderblutalge (*Planktothrix rubescens*), ändert sich im Jahresverlauf. Dies beeinflusst die Wasserqualität und kann Auswirkungen auf die Nutzung des Sees haben.

Mit diesen Untersuchungen können allfällige negative Auswirkungen frühzeitig erkannt bzw. verhindert oder verringert werden. Im Ergebnis sollen damit wichtige Rückschlüsse für den künftigen Betrieb und das notwendige weiterführende Monitoring ab 2030 gewonnen werden. Nach dieser Evaluation sollen die Untersuchungen im Rahmen der ordentlichen Gewässerüberwachung der Zugersees weitergeführt werden. Die Wirksamkeit der Zirkulationsunterstützung für den Austrag von Phosphor aus dem See und die Auswirkungen auf die betroffenen Ökosysteme werden regelmässig in Berichten publiziert.

#### **5.4. Fazit**

Mit der projektierten Zirkulationsunterstützung kann der P-Austrag aus dem Zugersee über die Lorze gefördert und damit das Hauptziel, die Reduktion des mittleren P-Gehalts auf 30 mg/m<sup>3</sup> bis ins Jahr 2070 erreicht werden. Als wichtiger positiver Effekt wird dadurch auch der Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser erhöht, womit gleichzeitig der Lebensraum für Fische und andere aquatischen Lebewesen zurückgewonnen wird. Durch diese Effekte können die gesetzlich vorgeschriebenen Anforderungen an die Wasserqualität eines mittel-nährstoffreichen Sees erreicht werden.

Die Zuger Bevölkerung profitiert langfristig von einer nachhaltigen Gesundheit des Zugersees verbunden mit einer verbesserten Wasserqualität. Mit den sinkenden Phosphorgehalten im See wird langfristig auch das Algenwachstum zurückgehen, womit sich gleichzeitig die Badewasserqualität verbessern wird. Ausserdem ist der Zugersee ein grosser Wasserspeicher, dessen Seewasser im Hinblick auf weitergehende Massnahmen zur Klimaanpassung potenziell auch zur Trinkwassernutzung genutzt werden kann.

Einer Umsetzung der Zirkulationsunterstützung stehen keine überwiegenden Interessen entgegen. Die Belüftung des Zugersees im Winter führt kombiniert mit der sich bereits in der Umsetzung befindlichen see-externen Massnahmen zu einer langfristigen Genesung des Zugersees bis im Jahr 2070.

#### **6. Rechtserwerb für Betriebsgebäude**

Das vorliegende Projekt erfordert den Abschluss eines Objektvertrags mit den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) für die Errichtung des Betriebsgebäudes auf deren Grundstück.

Die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) wurden über das Projekt informiert, und der Abschluss einer Objektvereinbarung im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens wurde in Aussicht gestellt.

## 7. Umwelt

Da das Projekt keine wesentliche Änderung der Anlage im Sinne der Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung vom 15. Oktober 1988 (UVPV, SR 814.011; Art. 2 Abs. 1 Bst. a) zur Folge hat, muss keine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchgeführt werden. Für das Projekt wurde die umweltrechtliche Machbarkeit abgeklärt. Die allfälligen umweltrelevanten Auswirkungen in den tangierten Bereichen können allesamt mit Standardmassnahmen begrenzt werden.

## 8. Kosten und Finanzierung

### 8.1. Kostenvoranschlag Planung- und Bau

Die Gesamtkosten für den Bau- und die Planung belaufen sich auf 11,2 Millionen Franken (inkl. 8,1 % MWST, Preisbasis: Schweizerischer Baupreisindex März 2024) und setzen sich wie folgt zusammen:

Betriebsgebäude inkl. Leitungsbau am Land	Fr. 2 250 000.00
Leitungsarbeiten See	Fr. 2 500 000.00
Diffusoren	Fr. 1 350 000.00
Druckluftherzeugungsanlage	Fr. 1 050 000.00
Elektro-, Mess-, Steuerungs-, Regelungs- und Leittechnik	Fr. 900 000.00
Trafostation und Anschluss	Fr. 300 000.00
Projektierung, Bauleitung, Geologie	Fr. 1 750 000.00
Rechtserwerb Betriebsgebäude, Entschädigungen, Grenzmutation	Fr. 100 000.00
Unvorhergesehenes zirka 10 %	Fr. 1 000 000.00
<b>Total Kostenvoranschlag (inkl. 8,1 % MWST)</b>	<b><u>Fr. 11 200 000.00</u></b>

### 8.2. Kostenvoranschlag Projektbegleitendes Monitoring 2026–2030

Die Gesamtkosten für das projektbegleitende Monitoring von 2026–2030 belaufen sich auf 1,4 Millionen Franken (inkl. 8,1 % MWST, Preisbasis: Schweizerischer Baupreisindex März 2024) und setzen sich wie folgt zusammen:

Monitoring P-Konzentration und Phytoplankton	Fr. 780 000.00
Monitoring Auswirkungen auf den See	Fr. 210 000.00
Monitoring Auswirkungen auf Lorze und Reusspitz	Fr. 60 000.00
Laboruntersuchungen	Fr. 210 000.00
Unvorhergesehenes zirka 10 %	Fr. 140 000.00
<b>Total Kostenvoranschlag (inkl. 8,1 % MWST)</b>	<b><u>Fr. 1 400 000.00</u></b>

Die jährlichen Monitoringkosten belaufen sich in der Zeitspanne zwischen 2026 und 2030 auf ungefähr **280 000 Franken pro Jahr**.

Ein Teil davon wird durch die Kantone Schwyz und Luzern finanziert (siehe Kap. 8.4).

Nach dem projektbegleitenden Monitoring 2026–2030 wird dieses ausgewertet. Im Anschluss ist mit tieferen Monitoringkosten zu rechnen.

### 8.3. Betriebs- und Unterhaltskosten

Gesamthaft belaufen sich die Kosten für den Betrieb und den Unterhalt auf 610 000 Franken (inkl. 8,1 % MWST) und setzen sich wie folgt zusammen:

Betrieb und Unterhalt Kompressoren	Fr.	275 000.00
Betrieb und Unterhalt Diffusoren	Fr.	135 000.00
Mietkosten Ponton mit Pneukran (2x jährlich)	Fr.	115 000.00
Betrieb und Unterhalt Messboje und Messgeräte	Fr.	30 000.00
Unvorhergesehenes zirka 10 %	Fr.	55 000.00
<b>Total Kostenvoranschlag (inkl. 8,1 % MWST)</b>	<b>Fr.</b>	<b><u>610 000.00</u></b>

Die jährlichen Betriebskosten belaufen sich auf ungefähr fünf Prozent der Baukosten.

### 8.4. Kostenteiler

Für den Kostenverteiler mit den beiden Anrainerkantonen Luzern und Schwyz wird der gleiche Verteilschlüssel zur Anwendung kommen, welcher bereits bei der Finanzierung von beschlossenen Gewässerschutzmassnahmen durch die Koordinationskommission (KOKO) Zugersee zum Zuge kam. Dieser Verteilschlüssel richtet sich nach den Anteilen der hydrologischen Einzugsfläche des Zugersees. Die Kosten für den Bau, den Betrieb und das projektbegleitende Monitoring werden prozentual auf die drei Kantone aufgeteilt.

Ausgeschlossen vom Kostenteiler ist das Monitoring der Auswirkungen auf die Lorze und den Reusspitz, da dies nur den Kanton Zug betrifft. Diese Kosten werden deshalb allein vom Kanton Zug getragen. Nachstehend sind die Kosten (inkl. 8,1 % MWST) gemäss Kostenteiler aufgeschlüsselt:

Kostenteiler gemäss KOKO Zugersee (inkl. MWST)	Zug 79 %	Schwyz 18 %	Luzern 3 %
Planung und Bau	8 850 000 Franken	2 010 000 Franken	340 000 Franken
Projektbegleitendes Monitoring	1 120 000 Franken	240 000 Franken	40 000 Franken
Betriebskosten	480 000 Franken	110 000 Franken	20 000 Franken

Vom Kanton Luzern liegt eine schriftliche Einverständniserklärung vor, in der bestätigt wird, dass der entsprechende Kostenanteil übernommen wird. Das Einverständnis des Kantons Schwyz liegt zurzeit noch nicht vor. Gemäss Finanzhaushaltsgesetz muss im Kanton Schwyz für einen Betrag in dieser Höhe der Kantonsrat zustimmen. Das Geschäft wurde inzwischen vom Regierungsrat an den Schwyzer Kantonsrat überwiesen. Mit einem Entscheid zur Ausgabenbewilligung ist Mitte 2025 zu rechnen.

### 8.5. Kostenvergleich

Ein Kostenvergleich für das vorliegende Projekt ist schwierig, da keine vergleichbaren Projekte im Kanton Zug vorliegen. Als vergleichbare Projekte können die Sanierungen der Mittellandseen (Baldegger-, Hallwiler- und Sempachersee) herangezogen werden. Die damaligen Bauprojekte liegen allerdings Jahrzehnte (1982–1986) zurück. Ausserdem sind die Belüftungsanlagen technisch anders ausgestaltet. Aufgrund des deutlich grösseren Seevolumens und der grösseren Seetiefe unterscheiden sich die Anforderungen an die Zugerseeanlage deutlich. Aus diesen Gründen ist ein Kostenvergleich nicht möglich.

## **8.6. Einnahmen**

Die aufgrund des übergeordneten Interesses der drei Kantone an der Sanierung des Zugersees werden die Kosten anhand des Kostenteilers (Kapitel 8.4) auf die Kantone aufgeteilt. Die Anteile der Anrainerkantone kommen dem Kanton Zug in Form von Einnahmen zugute.

## **8.7. Kreditfreigabe**

Die für die geplanten Massnahmen erforderliche Verpflichtungskredite (Objektkredite) werden gemäss § 27 Abs. 1 Bst. b und § 28 Abs. 2 Bst. b des Finanzhaushaltgesetzes vom 31. August 2006 (BGS 611.1) vom Kantonsrat genehmigt.

## **8.8. Finanzielle Auswirkungen und Anpassungen von Leistungsträgern**

### **8.8.1. Finanzielle Auswirkungen auf den Kanton**

Bisher (ab Juli 2022, Beginn KLR) wurden dem Projekt interne Aufwendungen von 700 Stunden belastet. Dies ergibt rund 70 000 Franken. Die externen Aufwendungen belaufen sich per Ende Oktober 2024 auf rund 175 000 Franken.

Die noch zu erwartenden Aufwendungen sind schwer abschätzbar, da nicht vorhersehbar ist, was alles noch während der Projektauflage und Bauphasen an Unvorhergesehenem eintritt. Es ist grob geschätzt noch mit einem Stundenaufwand von 1400 Stunden (bis 2028) zu rechnen.

Steuerung, Betrieb und Unterhalt der Belüftungsanlage (ab Inbetriebnahme) können durch das Amt für Umwelt innerhalb des bestehenden Stellenetats der Baudirektion abgedeckt werden. Der Personalaufwand für das projektintegrierte Monitoringprogramm 2026–2030 der see-externen und -internen Sanierungsmassnahmen wird zusätzlich durch 1,8 neue Stellen im Amt für Verbraucherschutz abgedeckt. Diese Stellen wurden bereits mit dem Budget 2025 bewilligt.

Das Monitoring nach 2030 wird finanziell schlanker ausfallen als das initiale projektbegleitende Monitoring. Um die genauen Kosten für das Monitoring und den Personalaufwand ab 2030 abzuschätzen wird eine Analyse nach Abschluss des initialen projektbegleitenden Monitorings notwendig sein. Eine genaue Zahl kann an dieser Stelle noch nicht genannt werden.

Die Ausgaben für die Betriebsgebäude inkl. Leitungsbau am Land (Tiefbauten) werden jedes Jahr mit 2,5 Prozent und die Ausgaben für die Belüftungsanlagen (Mobilen) werden jedes Jahr mit 12,5 Prozent abgeschrieben (§ 14 Finanzhaushaltgesetz, BGS 611.1).

<b>A</b>	<b>Investitionsrechnung</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>
1.	Gemäss Budget oder Finanzplan:				
	bereits geplante Ausgaben	632 000	7 503 000	7 603 000	399 000
	bereits geplante Einnahmen	83 000	1 577 000	1 591 000	80 000
2.	Gemäss vorliegendem Antrag:				
	effektive Ausgaben		280 000	5 870 000	5 890 000
	effektive Einnahmen		60 000	1 230 000	1 240 000
<b>B</b>	<b>Erfolgsrechnung (nur Abschreibungen auf Investitionen)</b>				
3.	Gemäss Budget oder Finanzplan:				
	bereits geplante Abschreibungen				
4.	Gemäss vorliegendem Antrag:				
	effektive Abschreibungen				820 000
<b>C</b>	<b>Erfolgsrechnung (ohne Abschreibungen auf Investitionen)</b>				
5.	Gemäss Budget oder Finanzplan:				
	bereits geplanter Aufwand				
	bereits geplanter Ertrag				
6.	Gemäss vorliegendem Antrag:				
	effektiver Aufwand				
	effektiver Ertrag				

Da das projektbegleitende Monitoring bis ins Jahr 2030 läuft sind weitere Ausgaben und Einnahmen in diesem Bereich eingeplant, welche in der Tabelle nicht ersichtlich sind.

#### 8.8.2. Finanzielle Auswirkungen auf die Gemeinden

Diese Vorlage hat keine finanziellen Auswirkungen auf die Gemeinden.

#### 8.8.3. Anpassungen von Leistungsträgern

Diese Vorlage hat keine Anpassungen von Leistungsaufträgen zur Folge.

### 8.9. Zeitplan

Für die Objektkredite ist folgender Ablauf vorgesehen:

März 2025	Kantonsrat, Kommissionsbestellung
April 2025	Beratung Kommission für Tiefbau und Gewässer
Mai 2025	Kommissionsbericht
Juni 2025	Staatwirtschaftskommission
Juni 2025	Bericht Staatwirtschaftskommission
Juli 2025	Kantonsrat, 1. Lesung
August 2025	Kantonsrat, 2. Lesung
September 2025	Publikation Amtsblatt
November 2025	Referendumsfrist +1 Tag      Inkrafttreten

## **9. Verfahrensfragen**

### **9.1. Richtplan-, Zonenplan- und Bewilligungsverfahren**

Das Projekt wurde im 3. Quartal 2023 im Rahmen der Richtplananpassung 23/1 den Nachbarkantonen, Gemeinden, Parteien, kantonalen Ämtern, Organisationen und Privaten zur Vernehmlassung unterbreitet. Die Rückmeldungen sind in die weitere Planung eingeflossen. Am 4. Juli 2024 hat der Kantonsrat die Richtplananpassung 23/1 beraten und ist allen Anträgen der Regierung gefolgt<sup>9</sup>. Mit dem Beschluss des Kantonsrats wird die Zirkulationsunterstützung im Winter als raumwirksame Massnahme im Richtplan verankert.

Für die Erstellung des Betriebsgebäude soll ein Teil des Grundstückes Nr. 118 in Walchwil, welches derzeit der Zone des öffentlichen Interesses für Erholung und Freihaltung (OeIF) zugeordnet ist, in die Zone öffentlichen Interesses für Bauten und Anlagen (OeIB) umgezont werden. Damit kann das Vorhaben zonenkonform realisiert werden.

Das Betriebsgebäude bedingt eine Baubewilligung. Diese wird gemäss § 44 des Planungs- und Baugesetzes vom 1. Januar 2000 (PBG; BGS 721.11) durch die Gemeindebehörde nach Abschluss des Einspracheverfahrens erteilt. Vorgängig wird das Projekt öffentlich ausgeschrieben.

Die Baubewilligung und Konzession für die Massnahmen der Zirkulationsunterstützung im Wasser wird gemäss § 34 und § 38 des Gesetzes über die Gewässer (GewG; BGS 731.1) durch die Baudirektion nach Anhörung der betroffenen Einwohnergemeinde und nach Abschluss des Einspracheverfahrens erteilt.

Die Baubewilligung und Konzession für die Messboje wird gemäss geltenden Gesetzen durch den Kanton Schwyz nach Abschluss des Einspracheverfahrens erteilt.

Es ist geplant, die gesamten Projektunterlagen für die Zirkulationsunterstützung Ende 2026 öffentlich aufzulegen. Die verschiedenen Verfahren sind koordiniert.

### **9.2. Bauprogramm**

Die Bauarbeiten sollen im Sommer/Herbst 2027 beginnen und werden voraussichtlich rund zwölf Monate dauern. Das projektbegleitende Monitoring startet bereits Anfangs 2026 und wird bis ins Jahr 2030 weitergeführt.

Die Inbetriebnahme der Zirkulationsunterstützung des Zugersees ist im Herbst 2028 geplant.

---

<sup>9</sup> #3685: Kantonsratsbeschluss betreffend Anpassung des kantonalen Richtplans 23/1, Inkrafttreten am 12. Juli 2024 [online], <https://kr-geschaefte.zug.ch/gast/geschaefte/2679>

## 10. Antrag

Gestützt auf die vorstehenden Ausführungen beantragen wir Ihnen:

1. Auf die Vorlage Nr. 3888.2 - 18066 Kantonsratsbeschluss betreffend Freigabe eines Objektkredits für das Projekt «Zirkulationsunterstützung im Winter zur Sanierung des Zugersees – Planung und Bau» einzutreten und ihr zuzustimmen.
2. Auf die Vorlage Nr. 3888.3 - 18070 Kantonsratsbeschluss betreffend Freigabe eines Objektkredits für das Projekt «Zirkulationsunterstützung im Winter zur Sanierung des Zugersees – Monitoring» einzutreten und ihr zuzustimmen.

Zug, 4. März 2025

Mit vorzüglicher Hochachtung  
Regierungsrat des Kantons Zug

Der Landammann: Andreas Hostettler

Die stv. Landschreiberin: Renée Spillmann Siegwart

Beilage:

- Beilage 1: Übersichtsplan Massstab 1:25 000, A4