



**Postulat der GLP-Fraktion
betreffend Phosphorrückgewinnung aus dem Zugersee**

(Vorlage Nr. 3760.1 - 17769)

Bericht und Antrag des Regierungsrats
vom 10. Juni 2025

Sehr geehrter Herr Präsident
Sehr geehrte Damen und Herren

Die GLP-Fraktion hat am 4. Juli 2024 das Postulat betreffend Phosphorrückgewinnung aus dem Zugersee (Vorlage Nr. 3760.1 - 17769) eingereicht. Am 29. August 2024 hat der Kantonsrat das Postulat zur Antragstellung an den Regierungsrat überwiesen.

Unseren Bericht gliedern wir wie folgt:

1. Ausgangslage
2. Phosphorrückgewinnung aus dem Zugersee
 - 2.1. Reduktion des Phosphorgehalts im Tiefenwasser des Zugersees
3. Erkenntnisse und Fazit
 - 3.1. Mitbehandlung des Tiefenwassers in einer Abwasserreinigungsanlage (ARA)
 - 3.2. Phosphorrückgewinnung aus dem Tiefenwasser und technische Machbarkeit der Phosphorelimination in separaten Anlagen
 - 3.3. Schlussfolgerungen
4. Antrag

1. Ausgangslage

Phosphor (P) ist für alle Organismen ein essenzielles Hauptnährelement, das nicht substituiert werden kann. Zusammen mit Stickstoff und Kalium gehört Phosphor zu den wichtigsten Bestandteilen der Körperzellen und Knochen. Er ist ein endlicher, nicht erneuerbarer Rohstoff, der hauptsächlich in Form von phosphathaltigen Gesteinen (Phosphaterze) gewonnen wird, deren Vorräte weltweit begrenzt sind und sich zudem auf wenige Länder (z. B. Marokko, China, Russland) konzentrieren. Auch das Pflanzenwachstum basiert auf Phosphor und ist deshalb unerlässlich für die Landwirtschaft. In der Landwirtschaft ist Phosphor der Hauptbestandteil aller Düngerprodukte (vgl. Abb. 1). Gemäss einer Studie zu den Phosphorflüssen in der Schweiz aus dem Jahr 2015 reichen diese Vorräte jedoch nur, wenn auch die geringerwertigen Rohphosphatlagerstätten mit Schwermetallbelastung und/oder mit erhöhten Förderkosten erschlossen werden.¹

¹ Phosphorflüsse in der Schweiz 2015: Stand, Entwicklungen und Treiber, im Auftrag des BAFU, vom 30.11.2017.



Abbildung 1: Phosphor ist der Hauptbestandteil von Düngerprodukten, © istockphoto.com.

In Kläranlagen und Verwertungsbetrieben für Schlachtabfälle und Tierkadaver entstehen grosse Mengen an Rückständen, die viel Phosphor enthalten. Der wichtigste phosphorreiche Abfall ist Klärschlamm mit rund 5700 Tonnen Phosphor pro Jahr. Seit dem Verbot der direkten Verwendung als Dünger in der Landwirtschaft im Jahr 2006 geht Phosphor in der Abfallwirtschaft verloren, da er verbrannt wird. Der enthaltene Phosphor landet entweder als Klärschlammasche oder Schlacke auf Deponien oder wird im Zementwerk als alternativer Brennstoff verwendet.

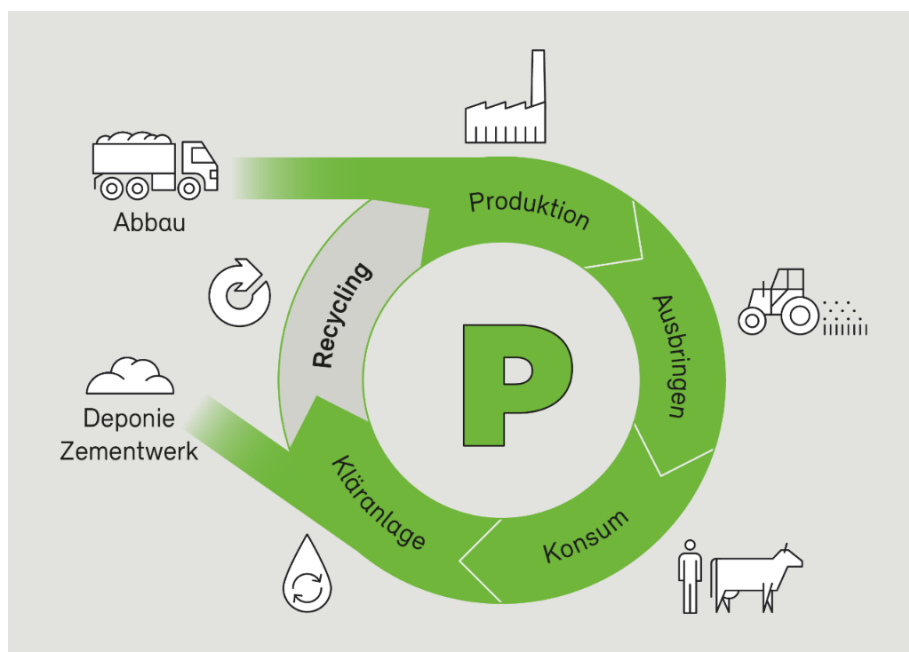


Abbildung 2: Phosphorkreislauf².

Vor allem in Kläranlagen fallen bedeutende Mengen an phosphorhaltigen Rückständen an. Gelingt es, die Stoffkreisläufe zu schliessen, können Rohstoffe effizient und so lange wie möglich genutzt werden. Um die natürlichen Ressourcen zu schonen und die Importabhängigkeit in der Schweiz zu verringern, lohnt sich Phosphorrecycling und das Schliessen des Stoffkreislaufs aus ökologischer und ökonomischer Sicht. Deshalb hat der Bundesrat die Pflicht zur

² <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/sekundaere-rohstoffe/phosphorrecycling.html>

Rückgewinnung eingeführt. Den Kantonen wurde eine Übergangsfrist von zehn Jahren für die Umsetzung bis am 1. Januar 2026 gewährt. Da der Termin nicht eingehalten werden kann, musste die Verordnung über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA; SR 814.600) im Rahmen des Verordnungspakets «Umwelt Herbst 2025» revidiert werden. Die aktuelle Frist wird durch eine neue Frist ersetzt, wonach die Kantone bis zum 1. Januar 2028 dem Bundesamt für Umwelt BAFU ein Konzept (Klärschlamm Entsorgungsplan oder Abfallplanung) vorlegen müssen, wie sie die Phosphorrückgewinnung umsetzen werden.³

Die in der VVEA festgelegte Phosphorrückgewinnungspflicht besagt, dass aus Abwasser, aus Klärschlamm zentraler Abwasserreinigungsanlagen (ARA) oder aus Asche aus der thermischen Behandlung von solchem Klärschlamm, Phosphor zurückzugewinnen und stofflich zu verwerten ist. Die Verwertung muss dabei nach dem Stand der Technik erfolgen. Die Vollzugspflicht liegt bei den Kantonen. Technische Versuche haben gezeigt, dass Phosphor am effizientesten aus Klärschlamm sowie aus der Asche des Klärschlamm zurückgewonnen werden kann. Hierzu laufen unter der Leitung des BAFU auf der Swiss-Phosphor-Plattform Bestrebungen, auf der Basis von neu entwickelten Technologien, die auf unterschiedlichen Prinzipien beruhen, den Phosphor aus Klärschlamm und der Asche zurückzugewinnen.

2. Phosphorrückgewinnung aus dem Zugersee

2.1. Reduktion des Phosphorgehalts im Tiefenwasser des Zugersees

Der Zugersee weist, trotz erheblicher Verbesserungen im Gewässerschutz, nach wie vor zu hohe Phosphorkonzentrationen auf. Insbesondere das Tiefenwasser des Sees weist Gesamtposphorgehalte (P_{tot}) von zwischen 60 bis 230 mg/m³ auf, wobei der Zielwert für einen mittel-nährstoffreichen See gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV; SR 814.201) 30 mg P_{tot} /m³ beträgt. Vor diesem Hintergrund hat die Eawag im Auftrag der Baudirektion bereits 2019 eine Studie zur Beurteilung von see-interner Massnahmen zur beschleunigten Sanierung des Zugersees inklusive Kostenschätzungen Bau und Betrieb verfasst. Darin wurden neben see-internen Massnahmen auch die verfahrenstechnische Variante der Phosphatfällung betrachtet und beurteilt. Als see-interne Massnahme zur Sanierung des Zugersees schnitt im Rahmen der obgenannten Variantenstudie die Zirkulationsunterstützung im Winter mit dem besten Kosten-Nutzenverhältnis ab. Der Regierungsrat hat dem Kantonsrat in der Folge eine entsprechende Vorlage für die Freigabe zweier Objektkredite für das Projekt «Zirkulationsunterstützung im Winter zur Sanierung des Zugersees» überwiesen.⁴ Nach der kürzlichen Absage des Kantonsrats Schwyz zur Mitfinanzierung der Bau- und Betriebskosten sind aktuell verschiedene Abklärungen im Gange, um beurteilen zu können, wie es mit diesem Projekt weitergehen soll.

Im vorliegenden Postulat wird vorgeschlagen, den Phosphor aus dem Tiefenwasser einer Phosphorrückgewinnung in einer separaten technischen Anlage zuzuführen. Hierzu solle der Kanton Interessierte aus Forschung und etwaiger Startup-Firmen/Anlagebauer für die Entwicklung entsprechender Technologien finanziell unterstützen, sofern ein entsprechendes Interesse von Forschungsseite oder von Startups besteht. In diesem Zusammenhang hat der Kanton Zug die Abteilung Verfahrenstechnik der Eawag bereits im Jahr 2022 beauftragt, das von der Postulantin erwähnte technische Verfahren der Firma MicroChange AG aus Dänemark zur Elimination des Phosphors mittels Adsorbertechnologie⁵ zu beurteilen, die dem Kanton Zug als Option zur geplanten Zirkulationsunterstützung angeboten wurde. Hierzu erfolgte ein gemeinsamer

³ vgl. Erläuternder Bericht zur Änderung der VVEA, Verordnungspaket Umwelt Herbst 2025, BAFU, vom 6.12.2024.

⁴ <https://kr-geschaefte.zug.ch/gast/geschaefte/2882>

⁵ Bei der Adsorption handelt es sich um ein chemisch-physikalisches Verfahren, um den gelösten Phosphor aus dem Wasser an ein Trägermaterial zu binden, um es so aus dem Tiefenwasser des Sees zu entfernen.

Austausch zwischen Vertretern der Baudirektion, der MicroChange AG und der Abteilung Verfahrenstechnik der Eawag, der jedoch in Folge nicht weiter vertieft wurde (vgl. Kapitel 3.2).

Bezüglich der im Postulat der GLP-Fraktion aufgeworfenen Idee, mittels eines Pilotprojekts den Phosphor aus dem Tiefenwasser des Zugersees zurückzugewinnen, hat die Baudirektion im Herbst 2024 die Abteilung Verfahrenstechnik der Eawag um eine Stellungnahme gebeten, eine fachliche Einordnung der oben aufgeführten Aspekte zur Behandlung des Tiefenwassers abzugeben und dabei auch die Option der Mitbehandlung von Seewasser in einer zentralen Abwasserreinigungsanlage zu prüfen, welche vom Berufsfischerverband im Rahmen der Vernehmlassung zur Richtplananpassung 1/23 als Alternative zur geplanten Zirkulationsunterstützung vorgeschlagen wurde.

3. Erkenntnisse und Fazit

In ihrer Stellungnahme vom 15. Januar 2025 äussert sich die Eawag aus Sicht der Verfahrenstechnik sowohl zur Mitbehandlung des Tiefenwassers in der Kläranlage Schönau wie auch zur Phosphorrückgewinnung und deren technischen Machbarkeit nachstehend wie folgt.

3.1. Mitbehandlung des Tiefenwassers in einer Abwasserreinigungsanlage (ARA)

Die Mitbehandlung von weitgehend unbelastetem Tiefenwasser auf der ARA Schönau führt zu einer unzulässigen Verdünnung des kommunalen Abwassers, was gegen das in der Gewässerschutzverordnung verankerte Verdünnungsverbot verstösst. Eine solche Verdünnung senkt zwar scheinbar die Ablaufkonzentrationen, erhöht jedoch die zu behandelnde Stofffracht und ist deshalb aus Sicht Gewässerschutz nicht zielführend.

Um das in der bestehenden Ringleitung des Gewässerschutzverbands der Region Zug gefasste Tiefenwasser in einer relevanten Menge behandeln zu können, müsste die Kläranlage dauerhaft am Limit ihrer hydraulischen Kapazität (Regenwetterzulauf) betrieben werden – dies über Jahrzehnte hinweg für eine Dauer von etwa 100 Jahren. Dies ist weder betrieblich noch energetisch sinnvoll. Ein durchgehender Betrieb bei maximalem Zufluss bringt zudem erhebliche verfahrenstechnische Nachteile mit sich, was die folgenden Beispiele anschaulich zeigen:

- a) In der aeroben Behandlung in der biologischen Stufe der Kläranlage müsste eine deutlich höhere Menge Abwasser belüftet werden, um eine weitestgehende vollständige Nitrifikation des Ammoniumstickstoffs zu erreichen. Dies bedeutet einen deutlich höheren absoluten Lufteintrag in das Abwasser bei deutlich höherem Stromverbrauch.
- b) Die Phosphorelimination würde zu einem deutlich höheren Fällmittelbedarf bei gleichzeitig tieferen Phosphorkonzentrationen im Zulauf führen, was in Folge zu einem erhöhten Klärschlammanfall, verbunden mit höheren Entsorgungs- und Betriebskosten, führen würde.
- c) Die seit 2019 in Betrieb genommene vierte Reinigungsstufe der ARA Schönau mit Pulveraktivkohle (PAK) zur Elimination von Mikroverunreinigungen (EMV) neigt bei erhöhten Zuflüssen durch Regenwetterverhältnisse infolge verringerter Aufenthaltszeit in der EMV-Stufe zu einer verschlechterten Elimination von Mikroverunreinigungen. Um die festgelegten Einleitungsgrenzwerte einhalten zu können, wäre eine deutlich höhere Dosierung von PAK notwendig, was neben einer höheren Ressourcenbelastung auch deutlich höhere Betriebskosten zur Folge hätte.

3.2. Phosphorrückgewinnung aus dem Tiefenwasser und technische Machbarkeit der Phosphorelimination in separaten Anlagen

Zur Erreichung des Zielwerts von 30 mg $P_{\text{tot}}/\text{m}^3$ im Zugersee wäre – gemäss den aktuellen Phosphorkonzentrationen in den Wasserschichten des Zugersees – eine Behandlung des Tiefenwassers ab etwa 30 Meter Tiefe nötig. Derzeit befinden sich rund 210 Tonnen Phosphor im Tiefenwasser, was bei einem derzeitigen Marktpreis von 120 bis 150 US-Dollar pro Tonne Phosphor jedoch nur einem Marktwert von zirka 31 000 US-Dollar bzw. 28 000 Franken entspricht. Aus rein ökonomischer Sicht macht deshalb eine Phosphorrückgewinnung aufgrund der geringen Menge an Phosphor keinen Sinn. Zudem sind technische Verfahren zur Reduzierung von sehr geringen Phosphorkonzentrationen von rund 100 mg/m³ auf 30 mg/m³ in einer technischen Anlage – unabhängig einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung – als technisch sehr aufwendig und anspruchsvoll einzustufen. Eine Phosphorrückgewinnung wäre wirtschaftlich nicht sinnvoll und gleichzeitig technisch sehr aufwendig.

Vergleichsweise einfache technische Verfahren wie die Fällung von Phosphor in Kombination mit Mikrosieben und Filtration können Phosphorkonzentrationen kleiner als 80 mg/m³ erreichen. Um – wie gewünscht – noch tiefere Konzentrationen zu erzielen, wären energieintensive Membranverfahren wie z. B. Umkehrosmose⁶ oder Ultrafiltration⁷ erforderlich, die jedoch verfahrenstechnisch und insbesondere energetisch als sehr aufwendig zu beurteilen sind. Hinzu kommt die Frage der energieintensiven Entsorgung der anfallenden Rückstände (Konzentrate), die den Klimazielen widersprechen.

Wie bereits weiter oben erwähnt, stellte die Firma MicroChange AG im Jahr 2022 der Baudirektion ein Adsorbersystem vor, das theoretisch innerhalb von 10 bis 28 Jahren den See sanieren könnte. Abgesehen von den bereits genannten ökonomischen und ökologischen Vorbehalten einer Phosphorrückgewinnung ist die Technologie zum heutigen Zeitpunkt noch zu wenig ausgereift. Bei der Vorstellung des Verfahrens lagen seitens MicroChange AG weder ein «proof of concept»⁸ noch konkrete Daten zur Kapazität der Adsorber bzw. Adsorbermaterialien vor. Die technische Entwicklung in diesem Bereich wird aber auch in Zukunft weiter aufmerksam verfolgt.

3.3. Schlussfolgerungen

Insgesamt beurteilt der Regierungsrat sowohl die Mitbehandlung des Tiefenwassers auf der ARA Schönauf sowie eine Phosphorrückgewinnung mittels technischer Methoden wie die Adsorption aus dem Tiefenwasser aus verfahrenstechnischer Sicht als ineffizient, kostenintensiv und nicht im Einklang mit den gesetzlichen Vorgaben zum Umwelt- und Gewässerschutz. Die Verfahren sind deshalb sowohl aus ökologischen als auch aus ökonomischen Gesichtspunkten keine geeigneten technischen Massnahmen zur Sanierung des Zugersees. In Übereinstimmung mit der Beurteilung durch die Eawag erachtet deshalb der Regierungsrat sowohl die Mitbehandlung des Tiefenwassers wie auch die Phosphorrückgewinnung aus dem Zugersee nicht als zielführend. Die Eawag als eines der weltweit führenden Wasserforschungsinstitute hat aus ökonomischer und ökologischer Sicht kein Interesse an der Entwicklung von entsprechenden Technologien zur Phosphorrückgewinnung aus dem Zugersee. Das Interesse anderer Forschungsinstitutionen oder Startup-Firmen nach einer vertieften Auseinandersetzung mit der Thematik ist aktuell noch äusserst gering. Da eine weitergehende Vertiefung einer Phosphorrückgewinnung aus dem Zugersee zum heutigen Zeitpunkt weder aus ökonomischen noch aus

⁶ <https://de.wikipedia.org/wiki/Umkehrosmose>

⁷ <https://de.wikipedia.org/wiki/Ultrafiltration>

⁸ Machbarkeitsnachweis des Verfahrens, mit dem gezeigt werden soll, ob eine Idee, Technologie oder ein Konzept grundsätzlich funktioniert.

ökologischen Gründen einen Sinn macht, lehnt der Regierungsrat aus den oben erwähnten Gründen ebenfalls die von der Postulantin gewünschte Anschubfinanzierung ab.

4. Antrag

Gestützt auf die vorstehenden Ausführungen beantragen wir Ihnen:

Das Postulat der GLP-Fraktion betreffend Phosphorrückgewinnung aus dem Zugersee (Vorlage Nr. 3760.1 - 17769) sei nicht erheblich zu erklären.

Zug, 10. Juni 2025

Mit vorzüglicher Hochachtung
Regierungsrat des Kantons Zug

Der Landammann: Andreas Hostettler

Die stv. Landschreiberin: Renée Spillmann Siegwart