ENGELBERG
EINWOHNERGEMEINDE
ARA ENGELBERG

ARA ENGELBERG

JAHRESBERICHT 2024

SCHON BEI SONNENAUFGANG…

…IM VOLLBETRIEB

Engelberg, 12.Februar 2025

INHALTSVERZEICHNIS

1 SPEZIELLE BETRIEBSZUSTÄNDE, BETRIEBLICHE UND BAULICHE MASSNAHMEN 2

2 EINHALTUNG DER GEFORDERTEN WERTE 9

2.1 EINLEITBEDINGUNGEN 9

2.2 WIRKUNGSGRAD ARA 10

2.3 ENTWICKLUNG DER VERGANGENEN JAHRE 11

3 ABWASSERREINIGUNG 13

3.1 EINWOHNERGLEICHWERTE 13

3.2 ABWASSERMENGE 14

3.2.1 Fremdwasser 14

3.2.2 Abwassermenge 14

3.3 FRACHTEN UND KONZENTRATIONEN IM ZU- UND ABLAUF 15

4 KLÄRSCHLAMM- UND KLÄRGASANFALL 19

5 CO-SUBSTRAT MOLKE 22

5.1 EINLEITUNG 22

5.2 AUSWERTUNG MOLKE AUF GASERTRAG UND ENERGIEPRODUKTION 22

6 ENERGIE 25

7 MIKROVERUNREINIGUNGEN (MV) IM ABWASSER 28

7.1 PARAMETER 29

8 SONSTIGES 30

8.1 WEITERBILDUNG 30

8.2 SPEZIELLES 30

Anhang 1 Kennzahlen 2024

Anhang 2 Auswertung Betriebsdaten 2020 - 2024

Anhang 3 Abbaugrad Faulung

Anhang 4 Vergleich Auslegungsdaten

Anhang 5 Wasseranalysen Engelberger Aa 2024

1 SPEZIELLE BETRIEBSZUSTÄNDE, BETRIEBLICHE UND BAULICHE MASSNAHMEN

Nachstehend einige Informationen und ein Auszug der Aktivitäten im Jahr 2024.

Das Jahr 2024 war geprägt von vielen Nässeperioden. Das fing bereits im Januar an und zog sich über das ganze Jahr dahin.

Gemäss Meteo Schweiz war das Wetterjahr insgesamt durchschnittlich. Es gab immer wieder trockene Tage, während sich die Temperaturen im normalen Bereich bewegten. In den Sommermonaten kam es regelmässig zu Niederschlägen, jedoch ohne heftige Regenfälle oder Hagelschläge. Auffällig war der markante Anstieg des Grundwasserspiegels im Sommer. Dies führte zu einer Entschärfung der in den vergangenen Jahren vermehrt aufgetretenen Wasserknappheit und trug dazu bei, eine Reserve für den Winter zu schaffen. Im Herbst kam es mehrfach zu Schneefällen, teilweise bis unter 1500 Meter. Im Dezember setzte der Schneefall genau zu den Weihnachtstagen ein.

Durch die frühen Schneefälle im Herbst fiel die Gletscherschmelze in diesem Jahr weniger stark aus als in den Vorjahren.

Der Wirkungsgrad der ARA ist gegenüber dem Vorjahr leicht angestiegen.

Aufgrund der zahlreichen Regentage im Jahr 2024 fiel die Abwassermenge deutlich höher aus als im Vorjahr. Der Zufluss zur ARA war durch das Regenwasser sowie den hohen Grundwasserspiegel meist mässig bis stark mit Fremdwasser verdünnt. Dies führte zu einer höheren hydraulischen Belastung der Anlage im Vergleich zum Vorjahr, wodurch vermehrt Entlastungen in die Engelbergeraa erforderlich waren.

Das seit mehreren Jahren eingesetzte Aluminium-Fällmittel mit Ladungsträger in der biologischen Stufe hat sich erneut bewährt und gewährleistete eine stabile Verarbeitung der zahlreichen hydraulischen Stossbelastungen. Durch weitere betriebliche Optimierungen, insbesondere den Einsatz von Lavasteinpulver, konnte die Biologie dauerhaft mit einem höheren Trockensubstanzgehalt betrieben werden, wodurch die Nitrifikation jederzeit sichergestellt war. Dies führte zu einer leicht erhöhten und insgesamt deutlich optimierten Reinigungsleistung.

Stromversorgung durch Elektrizitätswerk Obwalden (EWO)

Im Jahr 2024 kam es zu keinen Stromunterbrüchen.

Blockheizkraftwerk (BHKW)

Die Betriebsmitarbeiter führten alle notwendigen Servicearbeiten und Reparaturen selbständig durch. Eine Inanspruchnahme der Firma IWK für Reparaturen war nicht erforderlich.

Das Blockheizkraftwerk (BHKW) mit dem im November 2020 ersetzten Motor läuft nach wie vor einwandfrei. Im Herbst 2024 traten jedoch Probleme mit der Steuerung auf, die bislang noch nicht behoben werden konnten. Die jährliche Betriebszeit hat sich im Vergleich zum Vorjahr nicht wesentlich verändert und beträgt weiterhin rund 5'000 Stunden.

Die Aktivkohle im Gasbezugssystem vor dem BHKW wird jedes Jahr ausgetauscht.

Gemäss dem Finanzplan der ARA ist vorgesehen, dass der neue Motor bis etwa 2030 in Betrieb bleibt. Zu diesem Zeitpunkt ist ein vollständiger Austausch des BHKW, einschliesslich der Technik und Steuerung, geplant.

Die nächste Abgasmessung ist für das Jahr 2025 angesetzt.

Kombibrenner (Gas / Öl)

Da der Brenner nur eine sehr geringe Einsatzzeit aufweist, wird der Service alle zwei Jahre durchgeführt. Ein Wartungsvertrag wurde bewusst nie abgeschlossen.

- Am Freitag, 5. April, führte der Kaminfeger die Brennerreinigung und -kontrolle durch (seit einigen Jahren erfolgt diese nur noch einmal jährlich).
- Der nächste Brennerservice durch die Firma Elcotherm ist für das Jahr 2025 vorgesehen. Auch die nächste Abgaskontrolle steht im Jahr 2025 an.

Kleinwasserkraftwerk (KWKW)

Im Jahr 2024 funktionierten die Turbine und die Steuerung einwandfrei. Der Kontroll- und Wartungsaufwand durch das Betriebspersonal blieb im Vergleich zum Vorjahr unverändert. In absehbarer Zeit wird jedoch ein Ersatz der Steuerung notwendig sein. Erste Besprechungen zum weiteren Vorgehen, der Einholung von Offerten und dem Zeitplan haben bereits stattgefunden. Der Elektroplaner wurde beauftragt, die Umsetzung vorzubereiten.

- Im Sommer kam es zu kleineren Geländebewegungen im sehr steilen Gelände. Beschädigungen traten jedoch keine auf. Das Gelände wurde punktuell gesichert. Die erforderlichen Massnahmen wurden mit einem spezialisierten Unternehmer vor Ort besprochen und Mitte Mai 2024 ausgeführt.
- Die Wasserfassung am Auslauf der Nachklärung wurde mehrmals entleert und gereinigt. Die Durchgangsleitung sowie die Schieber wurden ebenfalls kontrolliert. Es wurden keine Mängel festgestellt.
- Die innere Kontrolle der Turbine erfolgt alle zwei Jahre durch die Lieferfirma Lingenhöhle. Die nächste Kontrolle ist für das Jahr 2025 geplant.

Das KWKW befindet sich in sehr steilem Gelände, weshalb ist eine regelmässige Kontrolle der Umgebung durch das Betriebspersonal durchgeführt wird.

Im laufenden Jahr produzierte das KWKW etwas mehr Strom als im Vorjahr. Dies ist vor allem auf die starke Schneeschmelze im Frühling und die vielen Regenfälle im Verlauf des Jahres zurückzuführen. Die Stromproduktion hängt direkt vom Zufluss der ARA ab.

Photovoltaikanlage (PVA)

Das Betriebspersonal kontrollierte regelmässig die Technik und die Solarpanels, um den Wirkungsgrad der Anlage zu gewährleisten.

Die Panels werden zweimal jährlich gereinigt, was zu einer leicht höheren Stromproduktion führt.

Die PVA produzierte im Vergleich zum Vorjahr ungefähr die gleiche Menge Strom.

Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz

Anfang Dezember fand ein Betriebsrundgang und eine Kontrolle durch den Sicherheitsingenieur Andreas Zehnder statt. Ein Bericht wird erstellt, und aus diesem werden zu einem späteren Zeitpunkt (Frühling 2025) Massnahmen abgeleitet. Diese Massnahmen werden nach Rücksprache mit dem Sicherheitsingenieur durch den BESIBE der ARA umgesetzt.

Das EKAS-Handbuch wird bis zum Frühling 2025 aktualisiert.

An allen relevanten Orten sind Gerätschaften zur Gewährleistung der Arbeitssicherheit bereitgestellt.

Der Gesundheitsschutz wird in der ARA bereits seit langem entsprechend den Vorgaben der SUVA praktiziert. Alle erforderlichen Utensilien (Waschgelegenheiten inklusive Dusche, Arbeitskleidung mit Reinigung durch eine externe Firma, Schutzhandschuhe für verschiedene Tätigkeiten etc.) sowie Materialien (Reinigungsseifen, Desinfektionscremes, Handschutzcremes etc.) werden vom Betrieb bereitgestellt.

An allen wichtigen Stellen sind Betriebsmittel und Gegenstände für den Gesundheitsschutz vorhanden, oder das Personal führt diese teilweise persönlich mit sich.

Februar bis Mitte Dezember

Der Vorraum Rechen, Rechen und Zulauf (inklusive Sandfang) sowie diverse Leitungen wurden mit Spül-/Saugwagen der Firma ITS-Kanalservices gereinigt und gespült.

Februar: Diverse Malerarbeiten

1. Untergeschoss im Bereich Energieraum/Leitungsgang

- Arbeitsausführung: Maler Goran, Engelberg

Do 22. Februar: Zulaufmessung ersetzt

Einbau erfolgt durch ARA. Ein Servicetechniker der Firma Endress + Hauser machte die Inbetriebnahme.

Ende Februar: erstmalige Revision der grossen elektrischen Leistungsschalter

Bei Hauptverteilung und allen Unterverteilungen

- Arbeitsausführung: Firma Speed Poweron

Fr 08. März: Jährliche Prüfung und Eichung der Gassensoren

Es wird ein Prüfprotokoll abgegeben. Da die Abwärme des Blockheizkraftwerk (BHKW) zu Heizzwecken genutzt wird, muss die Motorenkapsel zwingend mit Gassensoren überwacht werden. Ein weiterer Sensor ist im Energieraum (wo das BHKW und der Brenner stationiert sind) installiert.

Arbeitsausführung: Eco Analytics

Anfang Mai bis Mitte September

- Wasserstrasse 1+2, Vorklärbecken 1+2 sowie Sandfang:

  Entleerung und Reinigung.

- ZEO Bauingenieure (ARA-Berater für bautechnische Angelegenheiten):

  Kontrolle der Betonbeschichtung bei Nachklärbecken 1+2

  Nachklärbecken 1 und 2: Bei den Kontrollen wurden im Vergleich zum Vorjahr weitere Schäden festgestellt, insbesondere im Nachklärbecken 1 an der bestehenden Beschichtung (Spachtel). Der Zustand beider Wasserstrassen hat sich insgesamt weiter verschlechtert. Die Beschichtung ist nur noch minimal vorhanden, der Grundbeton jedoch weitgehend geschützt. Bei den Fugen gibt es einige Problemzonen, die jedoch keine sofortige Sanierung erfordern.

- Wasserstrasse 1+2: Diverse Kontroll- und Wartungsarbeiten ausgeführt.

- Vorklärbecken 1 (Jahrgang 1967): Der Beton ist in einem guten Zustand. Die Technik

wurde überprüft und ist i.O.

- Vorklärbecken 2: Die Beschichtung und Technik sind in einem tadellosen Zustand.

  Aufgrund der eher zu grossen Vorklärung (Becken 1+2) wird das Becken nach der Entleerung erst wieder im November in Betrieb genommen. Damit kann das leere Becken im Notfall als Havariebecken genutzt werden.

- Sandfang: Die Technik sowie die Betonbeschichtung und die Epoxidharzbeschichtung sind in gutem Zustand.

- Ausführung diverser Servicearbeiten bei den oben genannten Anlagen.

Anfang Mai bis Do 05. September:

- Betonsanierung Biologie 2: Ausführung durch Firma Betosan.

Betosan hat bereits zahlreiche Betonsanierungen in ARA- und Industriebetrieben durchgeführt, darunter auch im Kernkraftwerk Gösgen. Der noch minimal vorhandene Mörtel (Spachtel) wurde mit Wasserhöchstdruck bis zum Beton abgetragen. Die Fugen wurden entfernt und der Untergrund für den Neueinbau vorbereitet. Anschliessend wurde ein zweischichtiger Mörtel in zwei Arbeitsschritten von Hand aufgetragen. Zum Abschluss wurde eine Spezialbeschichtung (Epoxidharz) in drei Schichten (Grundierung und zweimal Epoxidharz) mittels Roller aufgebracht.

Für die Betonsanierung musste zuvor die Technik ausgebaut werden, was durch das ARA-Personal erfolgte. Auch der Wiedereinbau und die Tests der Technik wurden von der ARA durchgeführt. Nach Abschluss der Arbeiten wurde die Wasserstrasse wieder in Betrieb genommen.

Die Sanierung der Wasserstrassen ist im Finanzplan der ARA vorgesehen und soll bis Sommer 2026 abgeschlossen sein.

Do 02. Mai: Stapelbehälter 1: 5jährige Garantieabnahme

Die Betonoberfläche wurde aufgrund einsetzender Abrasion mit einem zementösen Spachtel beschichtet und als Deckschicht eine Epoxidharzbeschichtung aufgetragen.

Mo 03. Juni: Stapelbehälter 1: Korrosive Gasleitungen sanieren

Die durch den Stapelbehälter führenden Gasleitungen (vom Faulraum nach Gasometer) werden mit einem säurebeständigem Korrosionsschutz beschichtet.

Di 09. Juli: Umbau FLM FSE (Flockungsmittaufbereitungsanlage Frischschlammeindickung)

Die bestehende "Vorortsteuerung" musste aufgrund nicht mehr verfügbarer Ersatzteile ersetzt werden. Die neue Steuerung ist direkt im Prozessleitsystem eingebunden.

Ende Juli: Unterverteilung Gebläse Biologie

Frequenzumrichter bei allen Gebläsen ersetzt (3 Stk.).

Fr 13. September: Stapelbehälter: Korrosive Schlammleitungen sanieren

Die vom Stapelbehälter wegführenden Schlammleitungen werden mit einem säurebeständigem Korrosionsschutz beschichtet.

Di 15. Oktober: Wartungs- und Kontrollarbeiten bei diverser Messtechnik und Probenehmer

Ein Techniker der Firma Endress+Hauser war vor Ort und vollzog die Arbeiten in Zusammenarbeit mit dem Betriebselektriker. Diverse Messgeräte wurden neu kalibriert und eingestellt.

Mo 21. Oktober: Dachkontrolle und Unterhalt bei Fassade Nebengebäude

- Beim Nebengebäude wurden einige Fassaden- und Dachplatten (Eternit) ersetzt und das Dach, wo nötig, gereinigt. Ebenso wurden die Dachabläufe gereinigt.
- Arbeitsausführung: Bepa Spenglerei und Bedachungen, Engelberg.

Fr 25. Oktober bis Mitte November: Überdachung Lagerplatz

Aufgrund des vermehrten Einsatzes von Fällmitteln, die in Kunststoffbehältern angeliefert werden, sowie weiterer Betriebsmittel, die nicht wettergeschützt gelagert werden können, wurde der Parkplatz im Zugangsbereich der ARA überdacht und dreiseitig mit Blech eingefasst. Dadurch kann der Umschlag der Betriebsmittel künftig effizienter und wetterunabhängiger erfolgen.

Ausführung: Huser Metallbau, Kerns

Di 29. und Mi 30. Oktober: Sanierung Absturzschacht

Der Absturzschacht dient als Vorschacht, bevor das gereinigte Abwasser über den Halbschalenkanal in die Engelbergeraa eingeleitet wird (Höhendifferenz: 45 m). Er ist seit 1979 in Betrieb. Es wurden einige kleinere Abplatzungen der Granitsteinplatten im Schachtboden repariert. Zudem wurden die Anschlüsse der Granitplatten zum Betonwandanschluss im Zugangsschacht zum Absturzschacht instandgesetzt.

Ausführung: Bürgi Bau, Engelberg + Alpnach

Ganzes Jahr

- In der ARA wurden verschiedene Optimierungsmassnahmen umgesetzt.
- Die Betriebsmitarbeiter führten kontinuierlich Wartungsarbeiten gemäss den Vorgaben der ARA und der Hersteller durch.
- Der Betriebselektriker erledigte diverse Elektroreparaturen und führte zusammen mit dem Eidgenössischen Starkstrominspektorat (ESTI) die gesetzlich vorgeschriebenen periodischen Kontrollen durch.
- An den Gebäuden wurden verschiedene Reparaturen und Kontrollarbeiten ausgeführt.

IT-Wartung und Optimierung

- Firma Chestonag Automation (CAG), Prozessleitsystem: Es wurden diverse zwingende sicherheitstechnische Optimierungen beim Leitsystem getätigt. Ebenso mussten sicherheitstechnische Anpassungen gemacht werden. Zusätzliche Optimierungen werden gemäss Angabe der ARA erledigt.
- Firma ARACOM, Betriebsdatensoftware: Diverse Anpassungen gemäss Angabe ARA.
- Firma Comed, Unterhalt internes Netzwerk und allgemeine IT: Sicherheitstechnische Anpassungen und Optimierungen gemäss Auftrag des IT-Verantwortlichen der Gemeindeverwaltung.

  Nachrüstung und Optimierung der Büroarbeitsplätze gemäss Auftrag ARA.

Pumpwerke (Birren, Erlen, Rohr)

- Quartalsweise: Reinigungs- und Saugarbeiten bei allen Pumpwerken durch die Firma ITS-Kanalservices.

- Jährliche Kontrolle und Wartung der elektrischen und mechanischen Einrichtungen. Ergänzend wurden alle Anlageteile auf Korrosionsschäden überprüft.
- Überprüfung und Wartung der Förderpumpen.

Mitte Oktober

Neues Notstromaggregat (60 kW Leistung) für PW Erlen geliefert. Der "Ernstfalltest" fand am 11. Dezember vor Ort beim Pumpwerk Erlen statt.

Die Elektrotechnik wurde für den Notstromeinsatz angepasst, dass die "Vorortsteuerung" in den Notstrombetrieb eingebunden ist.

Im Zuge der "Energiemangellage" der letzten Jahre hat die Gemeinde entschieden, dass die wichtigsten Anlagen und Gebäudeteile der Gemeinde für einen Notstrombetrieb eingerichtet werden sollen. Es wurden drei baugleiche 60 kW Anlagen angeschafft und eine 100 kW Anlage.

Betriebsstörungen ausserhalb der Arbeitszeit

- Es waren einige wenige Einsätze ausserhalb der regulären Arbeitszeit zu leisten.
- Durch die täglichen Rundgänge und visuellen Kontrollen können die Einsätze gering gehalten werden.
- Durch regelmässiges Spülen des Kanalnetzes wird die Rechenanlage der ARA entlastet. Dadurch können Betriebsstörungen grösstenteils verhindert werden.
- Wenn im technischen und elektrischen Unterhalt alle Massnahmen gemäss Vorgaben der Hersteller und den betriebseigenen Erfahrungswerten gemacht werden, können Betriebsstörungen minimiert werden.

Unterhalt Tierkörpersammelstelle

- Die neue Anlage (Ersatzbau im Jahr 2022) hat sich bewährt und funktioniert einwandfrei.
- Der Betriebselektriker und das Betriebspersonal führten diverse Kleinreparaturen aus.
- Das Betriebspersonal überwachte und kontrollierte die Sammelstelle.
- Das Betriebspersonal organisierte die Entsorgung via Drittfirma und erledigte wiederkehrende Reinigungsarbeiten.

Unterhalt Schlachthaus

- Wartung bei den technischen Einrichtungen und Gerätschaften.
- Regelmässige Kontrollrundgänge und Zwischenreinigungen.
- Ein einheimischer Metzger benutzte das Schlachthaus für Tierschlachtungen aus dem Raum Engelberg und Grafenort. Die Fleischschau wird durch den Metzger organisiert.

Unterhalt Gemeindeliegenschaften

- Der Betriebselektriker der ARA erledigte diverse Reparaturen und erledigte Elektroinstallationen nach Absprache mit der Liegenschaftsverwaltung oder Hauswarten der jeweiligen Gebäude. Die meisten Arbeiten wurden in den Liegenschaften vor Ort ausgeführt. Einige wenige Arbeiten wurden in der Werkstatt der ARA erledigt.
- Der Betriebselektriker der ARA führte mit dem Eidgenössischen Starkstrominspektorat

(ESTI) periodische, vom Gesetzgeber vorgeschriebene Kontrollen durch, damit die Betriebssicherheit gewährleistet ist.

- Das Betriebspersonal der ARA erledigt diverse Reparaturarbeiten. Die meisten Arbeiten wurden in der Werkstatt der ARA ausgeführt.

Im Jahr 2024 betrug der Anteil der Stellenprozente für externe Arbeiten beim Liegenschaftsunterhalt inklusive des Gemeindebetrieb "Sportingpark" und der Kanalisation mit Baukontrolle 11 %.

2 EINHALTUNG DER GEFORDERTEN WERTE

Reinigungsziele der ARA

Die einzuhaltenden Werte sind in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) vorgeschrieben. Bezüglich Ammonium (NH_4-N) und Gesamtstickstoff wurden für die ARA Engelberg keine Reinigungsziele durch die kantonalen Behörden festgelegt. Die ARA ist jedoch so zu betreiben, dass bei der Abwasserreinigung und der Schlammbehandlung möglichst viel Stickstoff eliminiert wird.

2.1 EINLEITBEDINGUNGEN

Überblick Einleitbedingungen

Die vom Kanton geforderten Einleitbedingungen in den Vorfluter konnten 2024 gänzlich eingehalten werden. Beim CSB, DOC und P_{tot} wurden keine, beim GUS drei, beim NO_2-N zwei und beim NH_4-N zwölf Überschreitungen gemessen.

NH_4-N

Die in der GSchV geforderte Einleitbedingung für Ammonium sowie Nitrit konnte 2024 eingehalten werden. Für diese beiden Parameter gibt es vom Kanton jeweils nur einen Richtwert, da der Vorfluter grundsätzlich genügend Wasser führt für eine gute Durchmischung. Im Jahresverlauf schwankt der Wasserstand der Engelberger Aa jedoch stark. Im Winter führt die Engelberger Aa weniger Wasser, wodurch die eingeleitete Abwassermenge durch die ARA einen grossen Anteil am Gesamtabfluss des Baches hat. Dadurch wird das eingeleitete Abwasser weniger stark verdünnt, wodurch der Einfluss von Überschreitungen im Winter grösser ist als im Sommer. Unter 10 °C Wassertemperatur läuft die Nitrifikation langsamer ab, was zu Überschreitungen führen kann. Die Ammonium-Fracht im Zulauf verzeichnete einen geringen Rückgang gegenüber dem Vorjahr.

Die Einhaltung der geforderten Einleitbedingungen ist in der Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Einhaltung der Einleitbedingungen

Parameter	Grenzwert [mg/l]	Überschreitungen 2023		Überschreitungen 2024		Bemerkung
		Erlaubt	Gemessen	Erlaubt	Gemessen	
CSB	45	13	0	13	0	
DOC	10	6	0	6	0	
GUS	15	13	4	13	3	
P_{tot}	0.8	13	2	13	0	
NO_2-N	0.3	13	14	13	2	Richtwert
NH_4-N	2	13	21	13	12	Richtwert

2.2 WIRKUNGSGRAD ARA

CSB, P_{tot}

Der geforderte Wirkungsgrad bezüglich chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) und Gesamtphosphor (P_{tot}) konnte wie im vergangenen Jahr eingehalten werden. Der mittlere Wirkungsgrad bezüglich CSB ist auf 90.9 % (vgl. 2023 91.1 %) gesunken. Der Wirkungsgrad für die Phosphorelimination ist auf 86.9 % (vgl. 2023 87.0 %) gesunken. Die Messungen des Labors der Urkantone (Laburk) wiesen leicht höhere Wirkungsgrade auf und betrugen im Jahresmittel für den CSB 92.9 % und für den Phosphor 85.9 %.

DOC

Der geforderte Wirkungsgrad bezüglich des gelösten organischen Kohlenstoffes (DOC) konnte im Jahr 2024 erneut eingehalten werden. Der Wirkungsgrad ist gegenüber dem Vorjahr von 88.4 auf 89.1 % gestiegen. Gemäss dem Laburk betrug dieser 94.9 %.

NH_4-N

Der in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) festgelegte Wirkungsgrad bezüglich Ammonium (NH_4-N) konnte 2024 eingehalten werden. Dieser betrug im Jahr 2024 98.8%, gemäss dem Laburk 97.1 %.

Stickstoffelimination

Die totale Stickstoffelimination N_{tot} (keine Vorgabe für die ARA Engelberg) ist im Jahr 2024 leicht gesunken und liegt nun bei 31.7 % (vgl. 2023 34.5 %). Angesicht der nicht vorhandenen Vorgabe und des häufigen Regens ist dies recht gut, andere Anlagen kommen aber teilweise auf Werte über 50 %.

Erläuterung

Die Einhaltung der geforderten Wirkungsgrade ist in der Tabelle 2 dargestellt.

Als Ergänzung und Überprüfung der Messungen der ARA analysierte das Labor der Urkantone (Laburk) ebenfalls die definierten Parameter, jedoch mittels spezialisierten Messgeräten anstatt den Küvetten-Tests. Die daraus ermittelten Wirkungsgrade des Laburk sind ebenfalls in der Tabelle 2 ersichtlich. Im Vergleich zu den in der ARA durchgeführten Laboranalysen sind geringe Abweichungen festgestellt worden. Dies lässt sich auf unterschiedliche Anzahl Proben begründen sowie damit, dass die jeweils verwendeten Messverfahren zu unterschiedlichen Messergebnissen führen, welche voneinander abweichen können. Vom Bund und den Kantonen werden jedoch beide Verfahren akzeptiert.

Die ARA funktioniert weiterhin gut und wird fachmännisch betrieben. Das belegen die weiterhin guten Ablaufwerte bei hohen Frachtbelastungen im Zulauf. Nach wie vor führen die zu hohen Fremdwasseranteile sowie die teilweise sehr tiefen Abwassertemperaturen (Mindestwert 5.6 °C) im Winter zu Problemen.

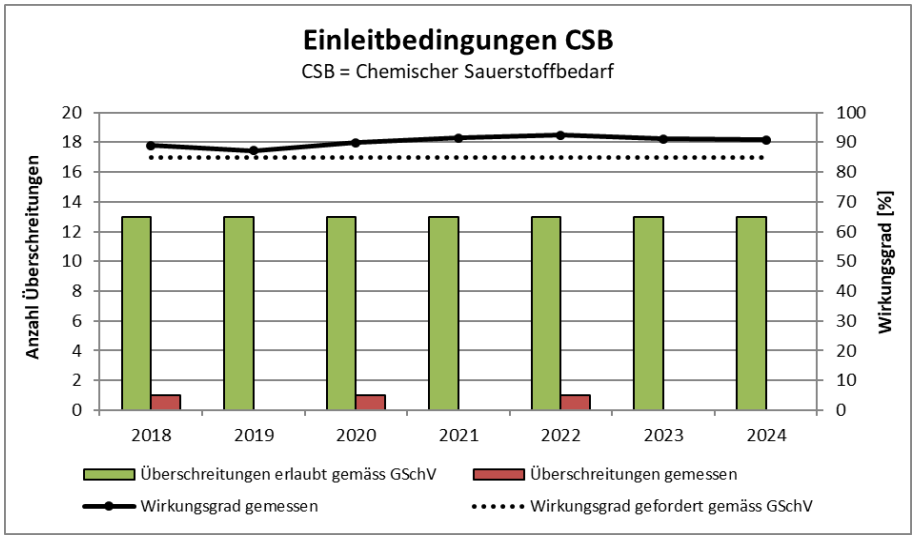
Tabelle 2: Wirkungsgrad im Jahresmittel

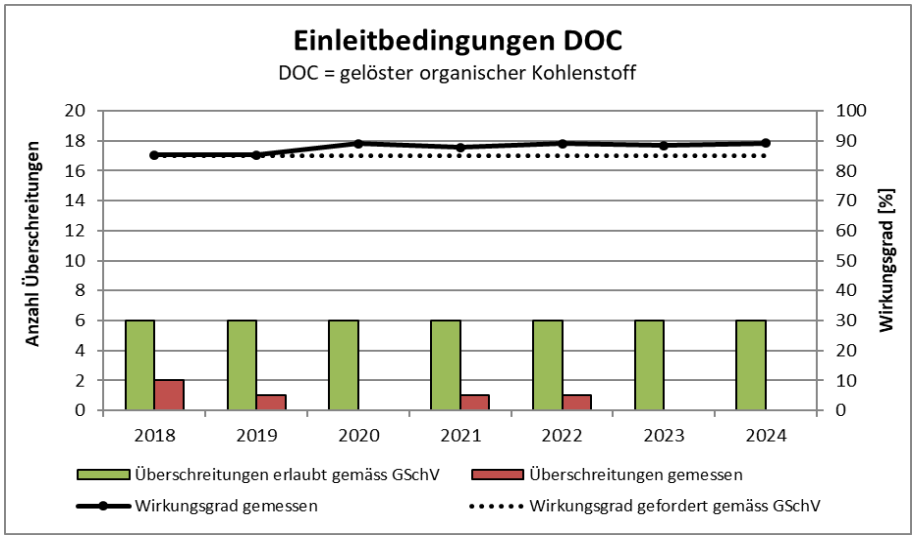
Parameter	Wirkungsgrad [%]			Bemerkungen
	gefordert	2023	2024	
CSB	85	91.2	90.9	Wirkungsgrad gem. Laburk: 92.9 %
DOC	85	88.4	89.2	Wirkungsgrad gem. Laburk: 94.9 %
P_{tot}	80	87	86.9	Wirkungsgrad gem. Laburk: 85.9 %
NH_4-N	90	96.1	98.8	Wirkungsgrad gem. Laburk: 97.1 % Keine Vorgabe durch Kanton
N_{tot}	-	34.5	31.7	Keine Vorgabe durch Kanton

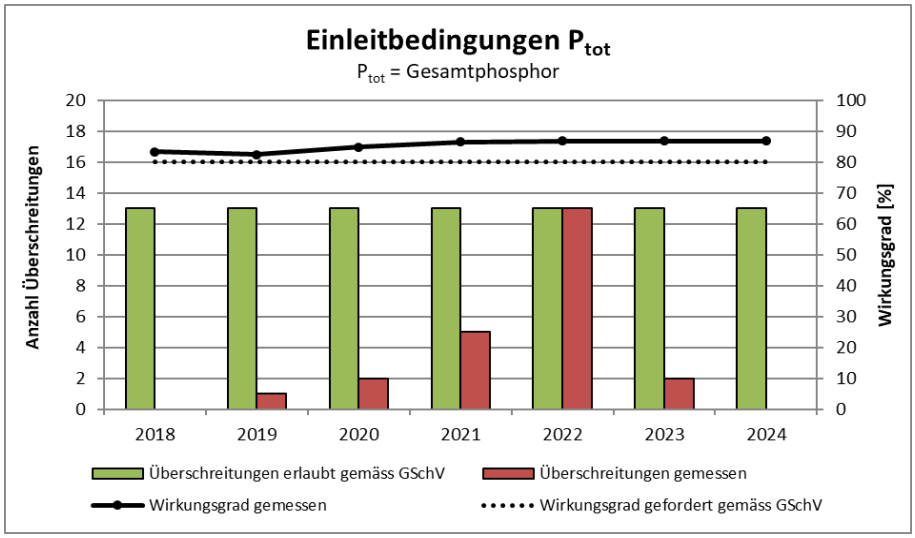
2.3 ENTWICKLUNG DER VERGANGENEN JAHRE

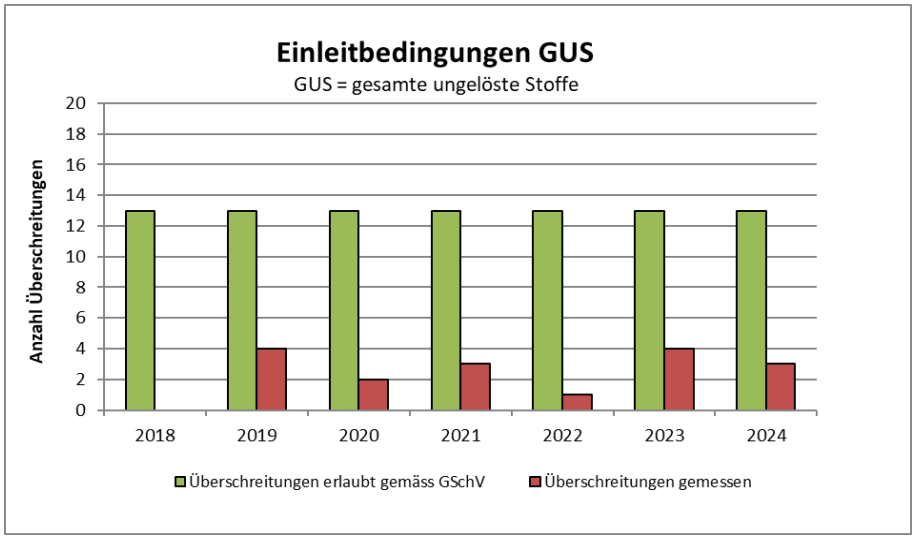
Entwicklung

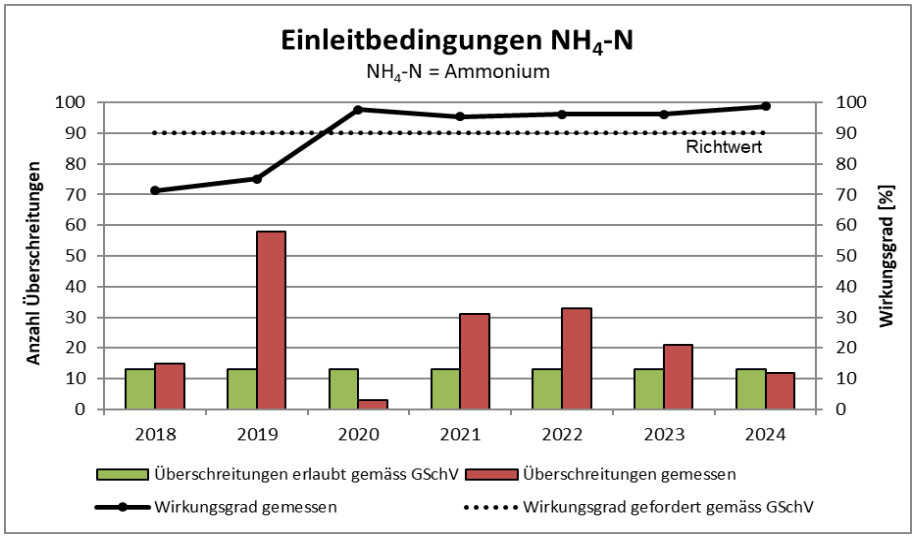
In den folgenden Abbildungen ist die Einhaltung der Einleitbedingungen und Wirkungsgrade der ARA Engelberg in den vergangenen Jahren dargestellt.

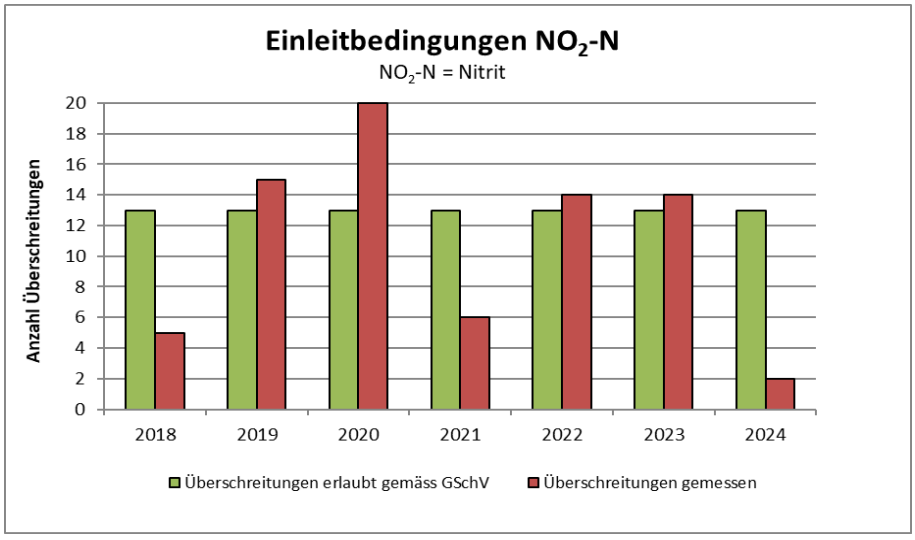







Einleitbedingungen GUS
GUS = gesamte ungelöste Stoffe
Anzahl Überschreitungen
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
Überschreitungen erlaubt gemäss GSchV
Überschreitungen gemessen


Einleitbedingungen NH4-N
NH4-N = Ammonium
Anzahl Überschreitungen
Wirkungsgrad [%]
Richtwert
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
Überschreitungen erlaubt gemäss GSchV
Überschreitungen gemessen
Wirkungsgrad gemessen
Wirkungsgrad gefordert gemäss GSchV


Einleitbedingungen NO2-N
NO2-N = Nitrit
Anzahl Überschreitungen
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
Überschreitungen erlaubt gemäss GSchV
Überschreitungen gemessen

3 ABWASSERREINIGUNG

3.1 EINWOHNERGLEICHWERTE

Einwohner-gleich-werte (EG)

Aus den Betriebsdaten ergeben sich für das Jahr 2024 folgende Einwohnergleichwerte:

Tabelle 3: Einwohnergleichwerte (CSB)

Einwohnergleichwerte (CSB)	2023	2024	Veränderung
Max. Wert	20'300 EW	19'400 EW	-4 %
85% Wert	10'900 EW	10'100 EW	-7 %
Mittelwert	8'300 EW	7'700 EW	-7 %
Min. Wert	3'100 EW	3'400 EW	+10 %

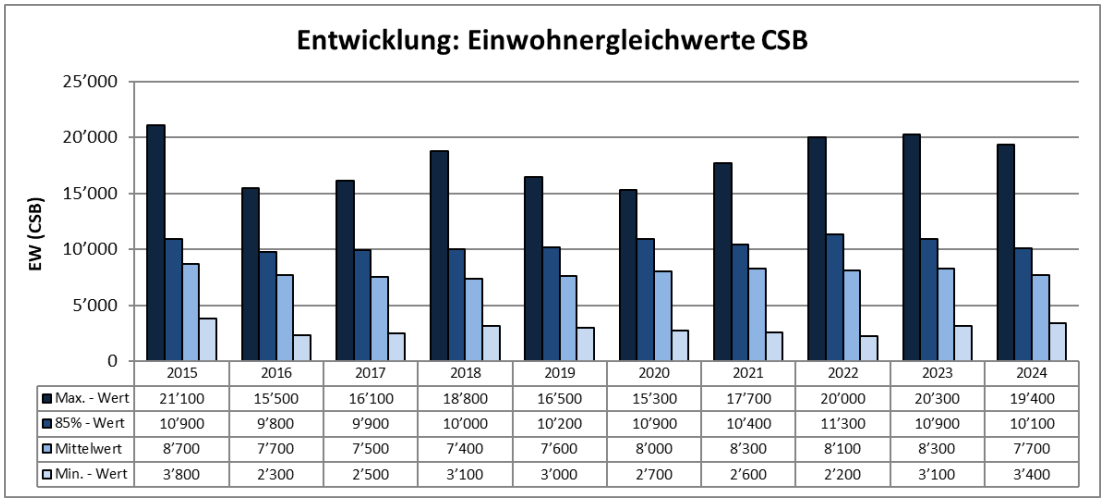
Bemerkung

Die grosse Differenz zwischen dem Maximum und Minimum der Einwohnergleichwerte kann durch die saisonale Belastung der ARA durch den Tourismus erklärt werden.

Gegenüber dem Vorjahr haben die mittleren Einwohnergleichwerte abgenommen (-7 %). Der minimale Wert ist jedoch erneut angestiegen (+10 %).

Entwicklung

In der folgenden Abbildung ist die Entwicklung der Einwohnergleichwerte (CSB) über die vergangenen Jahre dargestellt.



	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Max. - Wert	21'100	15'500	16'100	18'800	16'500	15'300	17'700	20'000	20'300	19'400
85% - Wert	10'900	9'800	9'900	10'000	10'200	10'900	10'400	11'300	10'900	10'100
Mittelwert	8'700	7'700	7'500	7'400	7'600	8'000	8'300	8'100	8'300	7'700
Min. - Wert	3'800	2'300	2'500	3'100	3'000	2'700	2'600	2'200	3'100	3'400

3.2 ABWASSERMENGE

Aktuelle Situation

Ausschlaggebend für die Abwassermenge auf der ARA Engelberg ist das Fremdwasser (stetig fliessendes Sauberwasser in die Kanalisation). Dieses fällt in Engelberg vorwiegend im Sommer an. In der kalten Jahreszeit ist der Grundwasserspiegel im Normalfall tiefer als im Sommer und der Niederschlag als Schnee gebunden.

3.2.1 Fremdwasser

Auswirkungen Fremdwasser

Der hohe Fremdwasseranteil hat folgende negative Auswirkungen für die ARA:

- Die Konzentrationen im Zulauf der ARA sind aufgrund des Fremdwassers viel tiefer als in der Schweiz üblich. Dies führt zu einem vergleichsweise schlechten Wirkungsgrad der Anlage.
- Da Fremdwasser aufgrund seiner Herkunft meist kälter ist als Schmutzwasser, wird die Temperatur im Abwasser vermindert. Dies führt zu einer sinkenden Reinigungsleistung der Biologie, was besonders die Nitrifikation hemmt. Bei einer gut funktionierenden Nitrifikation kann das Ammonium (NH_4-N) fast zu 100% abgebaut werden. Das NH_4-N ist in konzentrierter Form ein Fischgift.
- Der Wirkungsgrad in Bezug auf die geforderte Reinigungsleistung wird eingeschränkt.
- Erhöhte Energiekosten für die Rezirkulation des Schlammes.
- Erhöhte Unterhaltskosten bei diversen Anlageteilen.

In den vergangenen Jahren wurde sehr viel in den Werterhalt der bestehenden öffentlichen Kanalisation investiert (jährlich ca. CHF 350'000). Viele Leitungen wurden mittels Robotersystem saniert und einige Inliner wurden eingebaut. Ebenso wurden sehr viele Schächte saniert. Auch bei einigen privaten Abschnitten wurden (und werden) Massnahmen auf Kosten der privaten Eigentümerschaft getätigt.

Aufgrund der erwähnten Massnahmen im Kanalnetz kann der Wirkungsgrad der ARA auf einem guten Level gehalten werden. Das Fremdwasser ist aufgrund der oben beschriebenen Massnahmen abnehmend.

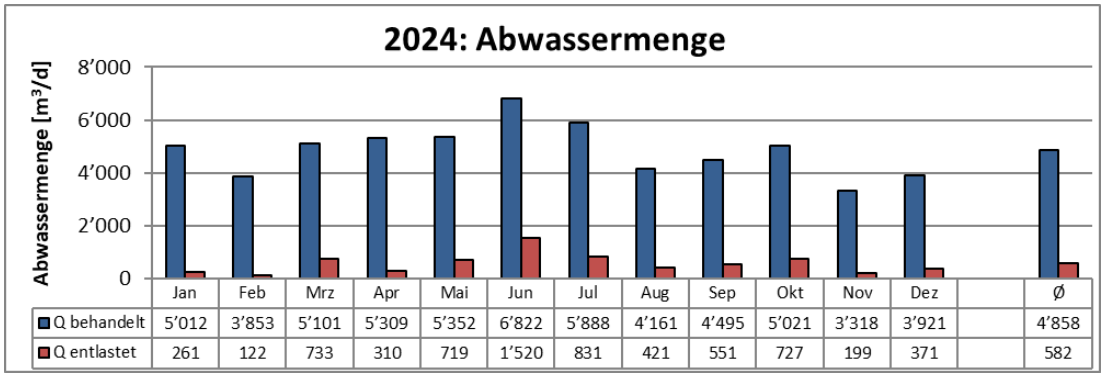
3.2.2 Abwassermenge

Veränderung der Abwassermenge

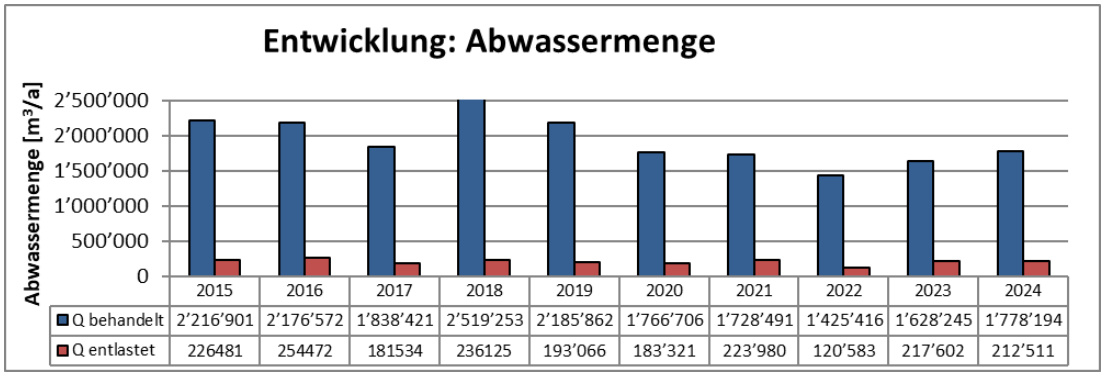
Die Abwassermenge im Jahresmittel (m^3/d) ist gegenüber dem Vorjahr um insgesamt 9 % gestiegen, befindet sich jedoch im Vergleich zu den Vorjahren weiterhin auf einem gleichbleibenden Stand.

Entwicklung

In den folgenden beiden Abbildungen ist die Entwicklung der Abwassermenge innerhalb des Jahres 2024 und über die vergangenen Jahre dargestellt.



	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		Ø
Q behandelt	5'012	3'853	5'101	5'309	5'352	6'822	5'888	4'161	4'495	5'021	3'318	3'921		4'858
Q entlastet	261	122	733	310	719	1'520	831	421	551	727	199	371		582



	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Q behandelt	2'216'901	2'176'572	1'838'421	2'519'253	2'185'862	1'766'706	1'728'491	1'425'416	1'628'245	1'778'194
Q entlastet	226481	254472	181534	236125	193'066	183'321	223'980	120'583	217'602	212'511

3.3 FRACHTEN UND KONZENTRATIONEN IM ZU- UND ABLAUF

CSB

Die in die ARA eingeleitete mittlere Fracht an chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) hat gegenüber dem Vorjahr abgenommen (-7.7 %). Die CSB-Frachtspitzen (90 % Wert) haben ebenfalls leicht abgenommen (-4.8 %). Die mittlere CSB-Konzentration im Auslauf der ARA ist gegenüber 2023 stark gesunken (-12.9 %).

TOC/DOC

Die Fracht an gesamtem organischem Kohlenstoff (TOC) im Zulauf der ARA hat gegenüber dem Vorjahr zugenommen (Mittelwert +27 %, Frachtspitze 90 %: +14.6 %). Die mittlere Konzentration von gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) im Ablauf der Nachklärung hat sich gegenüber 2023 um +12.5 % erhöht.

P_{tot}

Die in die ARA eingeleitete Gesamtphosphor-Fracht hat gegenüber dem Vorjahr erneut leicht abgenommen (-2.9 %). Die Spitze hat im Vergleich zum Vorjahr 2023 ebenfalls abgenommen (Frachtspitze 90%: -7.8 %). Die mittlere Phosphor-Konzentration im Auslauf der ARA ist gegen dem Vorjahr um 20.1 % gesunken.

GUS

Die mittlere Konzentration an gesamt ungelösten Stoffen (GUS) im Auslauf der ARA ist gegenüber 2023 um 10.3 % gesunken. Dies deutet auf eine gute Absetzung des Schlammes in der Nachklärung hin.

NH_4-N

Die Ammonium-Fracht im Zulauf hat sich gegenüber dem Vorjahr wie folgt verändert: Mittel: -0.4 %, 90 % Wert: -2.4 %. Die mittlere NH_4-N-Konzentration im Auslauf der ARA ist im Vergleich zum Vorjahr von 0.8 mg/l auf 0.4 mg/l gefallen.

NO_2-N

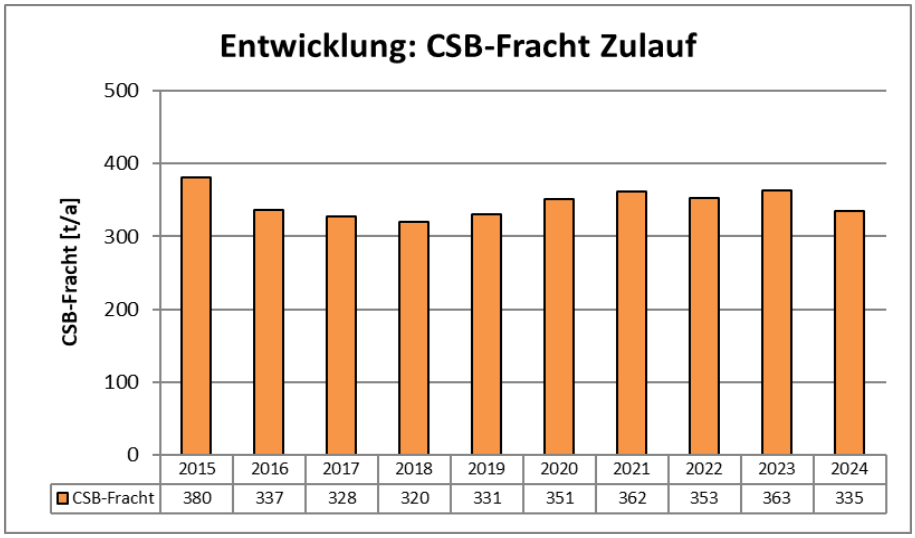
Die mittlere Nitrit-Konzentration (NO_2-N) Auslauf der ARA ist gegenüber 2023 um 52.6 % gesunken und betrug 0.07 mg/l. In Anbetracht der letzten 10 Jahren ist dies der tiefste erreichte Wert.

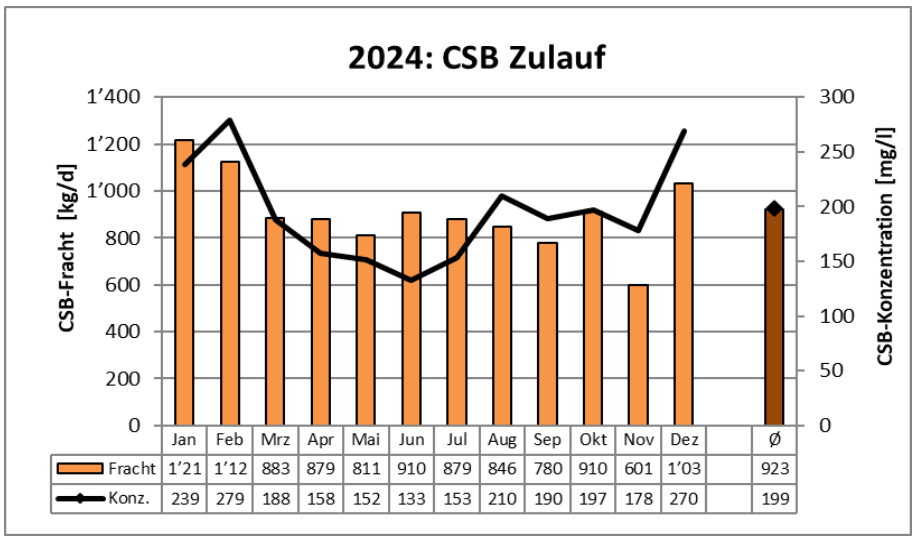
Fazit

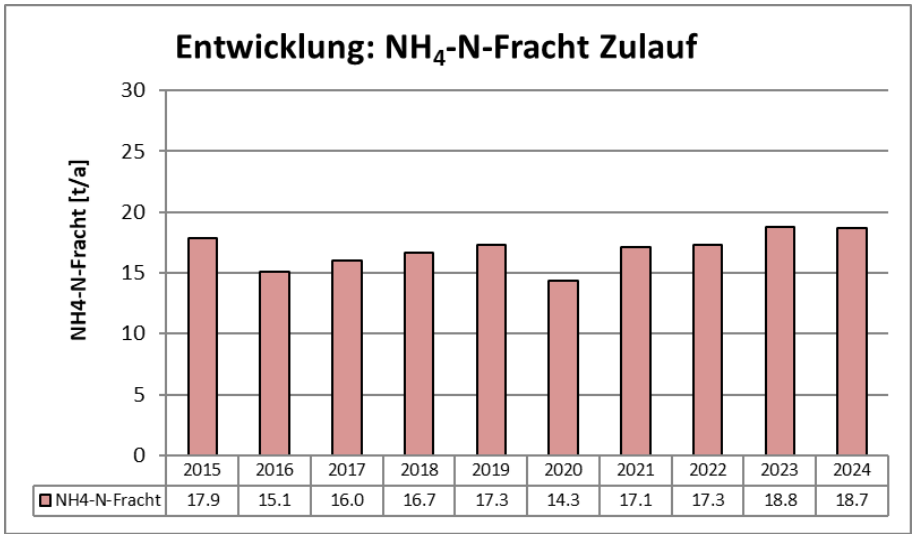
Die Belastung der ARA verzeichnete im Jahr 2024 einen leichten Rückgang. Die Werte für

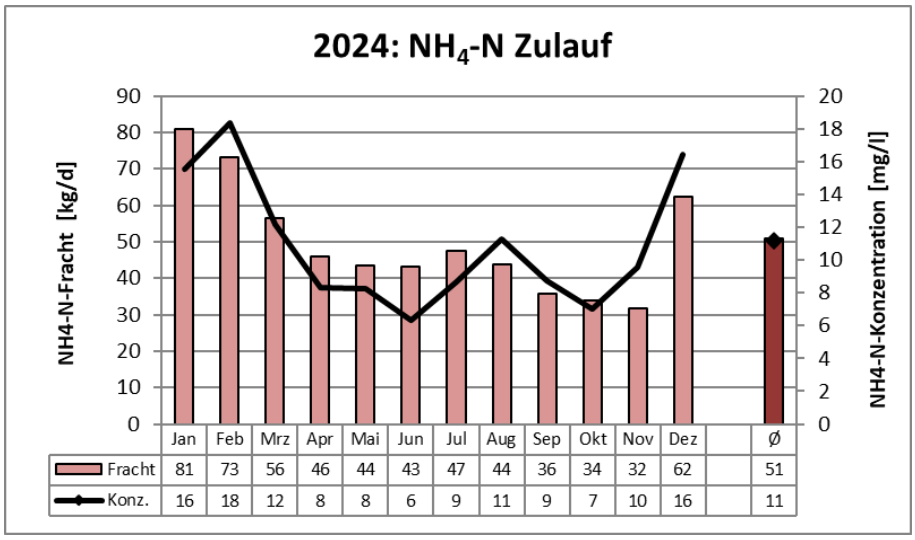
CSB, Ptot, GUS sowie NH_4-N im Zulauf der ARA sind gesunken. Der TOC im Zulauf hingegen ist eher stark gestiegen (Mittelwert: +27%), befindet sich aber unter betrachten der Vorjahre auf einem ähnlichen Niveau. Ausserdem werden bei TOC und DOC weniger Analysen durchgeführt als für die übrigen Parameter. Anhand den Grafiken für die monatlichen Frachten lässt sich erkennen, dass im Dezember eine deutlich höhere Belastung war (Tourismus).

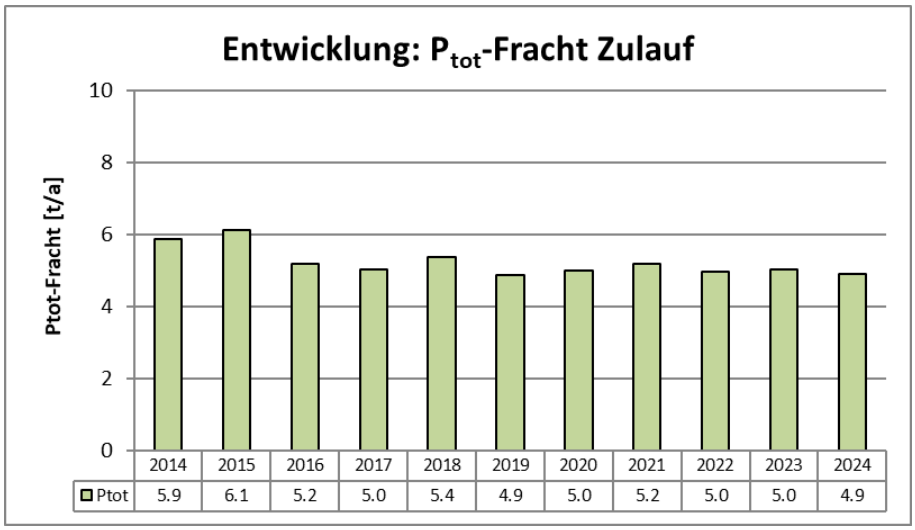
Die gesetzlich geltenden Grenzwerte und geforderten Wirkungsgrade konnten gänzlich eingehalten werden. Ebenfalls konnten die Richtwerte für NH_4 und NO_2 eingehalten werden.

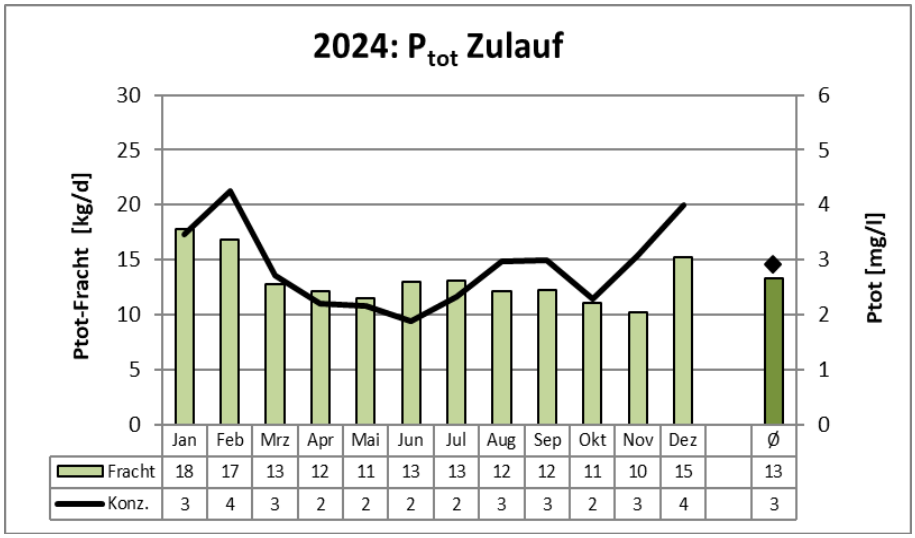





Entwicklung: NH4-N-Fracht Zulauf
NH4-N-Fracht [t/a]
30
25
20
15
10
5
0
2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024
NH4-N-Fracht 17.9 15.1 16.0 16.7 17.3 14.3 17.1 17.3 18.8 18.7


2024: NH4-N Zulauf
NH4-N-Fracht [kg/d]
NH4-N-Konzentration [mg/l]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
Jan Feb Mrz Apr Mai Jun Jul Aug Sep Okt Nov Dez Ø
Fracht 81 73 56 46 44 43 47 44 36 34 32 62 51
Konz. 16 18 12 8 8 6 9 11 9 7 10 16 11


Entwicklung: Ptot-Fracht Zulauf
Ptot-Fracht [t/a]
10
8
6
4
2
0
2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024
Ptot 5.9 6.1 5.2 5.0 5.4 4.9 5.0 5.2 5.0 5.0 4.9



	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		Ø
Fracht	18	17	13	12	11	13	13	12	12	11	10	15		13
Konz.	3	4	3	2	2	2	2	3	3	2	3	4		3

4 KLÄRSCHLAMM- UND KLÄRGASANFALL

Aus den Betriebsdaten ergibt sich für das Jahr 2024 folgender Schlamm- und Gasanfall:

Tabelle 4: Klärschlamm- und Klärgasanfall

	2023		**2024**		**Veränderung**
Frischschlamm	8'000	m^3/a	8'200	m^3/a	+2 %
	163	t TS/a	185	t TS/a	+13 %
	2.0	%	2.3	%	
Frischschlamm entwässert	3'000	m^3/a	2'700	m^3/a	-10 %
	163	t TS/a	185	t TS/a	+13 %
	5.4	%	6.8	%	+24 %
Fettannahme (aus Fettabscheider)	49	m^3/a	47	m^3/a	-4.1 %
Molke Käserei E'berg + weitere	110	m^3/a	57	m^3/a	-48.2 %
Faulschlamm	3'800	m^3/a	3'300	m^3/a	-13 %
	99	t TS/a	104	t TS/a	+5 %
	2.6	%	3.2	%	
Faulschlamm entwässert	342	m^3/a	343	m^3/a	0 %
	91	t TS/a	97	t TS/a	+7 %
Davon aus Molke	*2.8*	*t TS/a*	*1.1*	*t TS/a*	*-60 %*
	26.6	% TS	28.4	% TS	+7 %
Klärgas	84'000	Nm^3/a	86'800	Nm^3/a	+ 3.3 %

Grund für die Veränderung

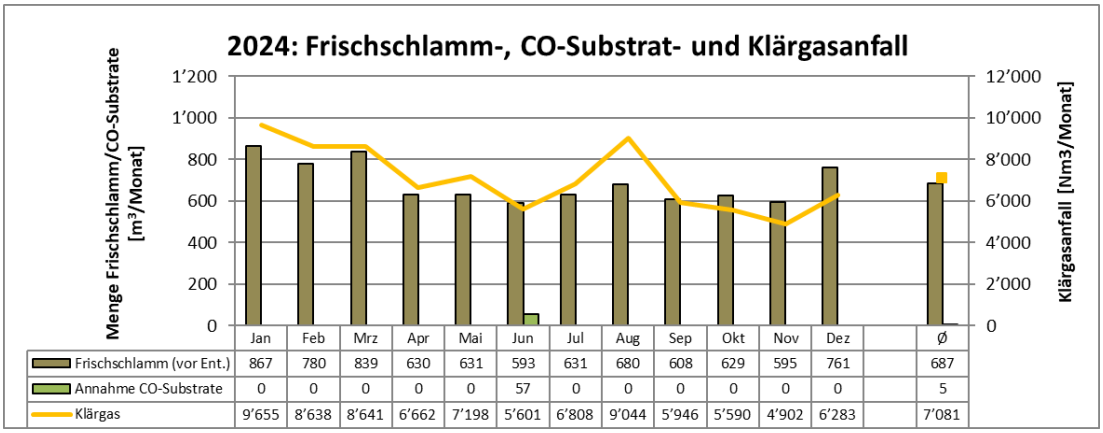
Die Frischschlammmenge hat sich, bezogen auf die effektive Menge, gegenüber dem Vorjahr um 2 % erhöht. Die Klärgasmenge ist analog um 3.3 % gestiegen.

Anlieferung Cosubstrat

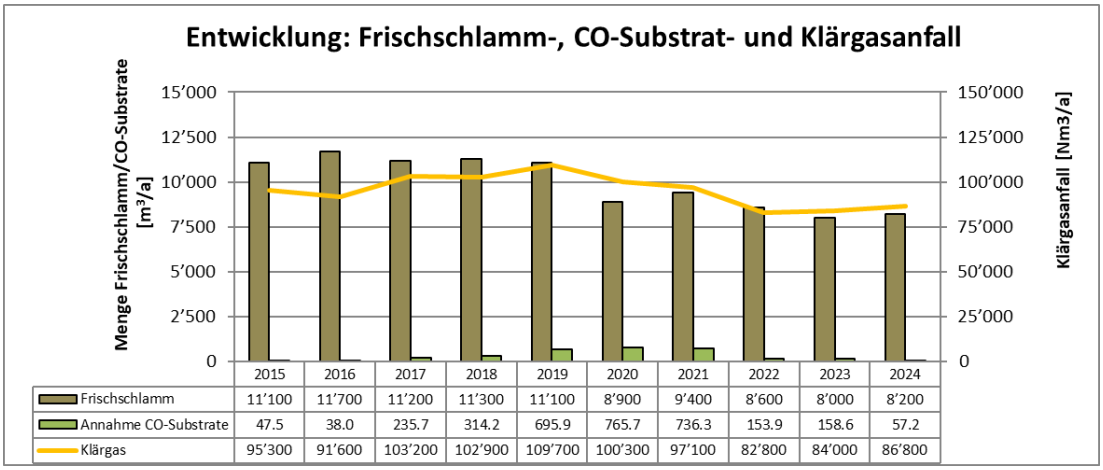
Die Molkenannahme im Jahr 2024 beträgt noch halb so viel wie im Jahr 2023.

Entwicklung

In den folgenden beiden Abbildungen ist die Entwicklung der Klärschlamm- und Klärgasmenge innerhalb des Jahres 2024 und über die vergangenen Jahre dargestellt.



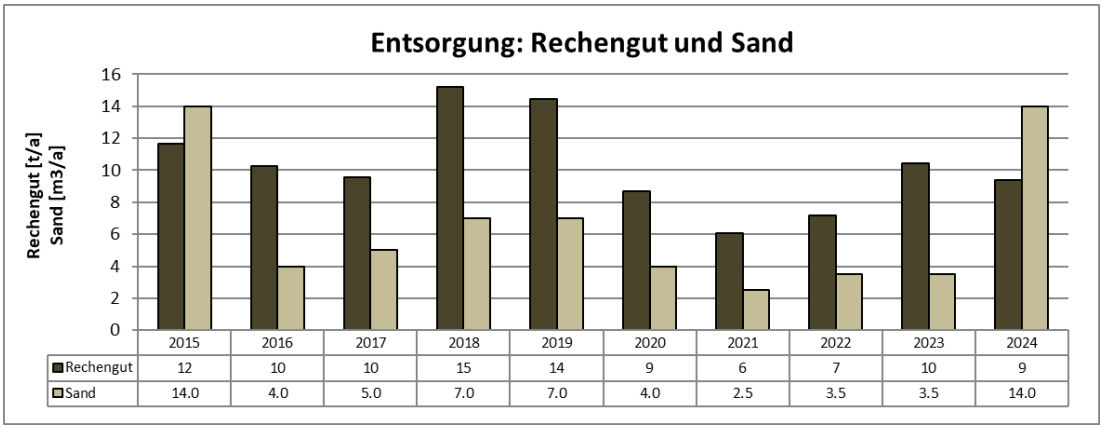
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		Ø
Frischschlamm (vor Ent.)	867	780	839	630	631	593	631	680	608	629	595	761		687
Annahme CO-Substrate	0	0	0	0	0	57	0	0	0	0	0	0		5
Klärgas	9'655	8'638	8'641	6'662	7'198	5'601	6'808	9'044	5'946	5'590	4'902	6'283		7'081



	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Frischschlamm	11'100	11'700	11'200	11'300	11'100	8'900	9'400	8'600	8'000	8'200
Annahme CO-Substrate	47.5	38.0	235.7	314.2	695.9	765.7	736.3	153.9	158.6	57.2
Klärgas	95'300	91'600	103'200	102'900	109'700	100'300	97'100	82'800	84'000	86'800

Sand, Rechengut

Neben dem entwässerten Klärschlamm (343 m³) musste im Jahr 2024 zusätzlich 14 m³ Sand (+300 %) und 9 t Rechengut (-10 %) entsorgt werden. Die hohe Entsorgungsmenge vom Sand kann nicht eindeutig erklärt werden. Möglicherweise liegt eine fehlerhafte Datenerfassung vor (z.B. manuelle Eingabe in die falsche Spalte). Im nächsten Berichtsjahr wird das Thema erneut geprüft. Die Entwicklung der Rechengut- und Sandmenge ist in der folgenden Abbildung dargestellt.



	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Rechengut	12	10	10	15	14	9	6	7	10	9
Sand	14.0	4.0	5.0	7.0	7.0	4.0	2.5	3.5	3.5	14.0

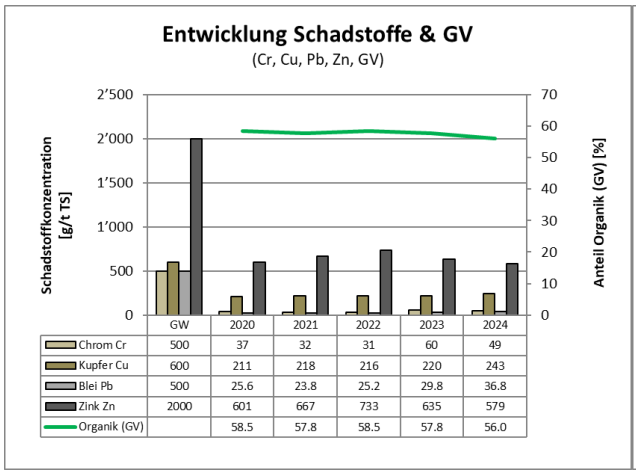
Schadstoffe im Faulschlamm

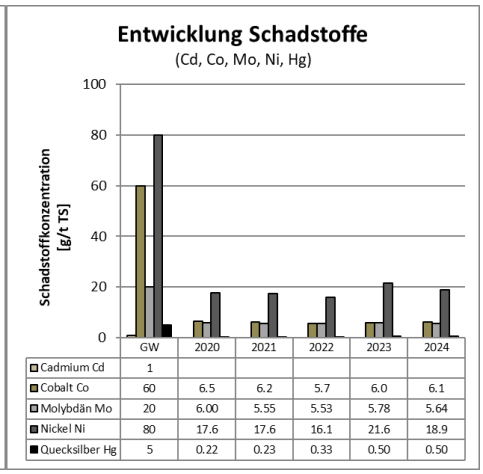
Die eingeleiteten Schadstoffe und Nährstoffe können im Faulschlamm nachgewiesen werden. Im vergangenen Jahr wurden vom Faulschlamm zwei Proben durch das Labor der Urkantone analysiert. Die geforderten Grenzwerte und Richtwerte konnten bei allen Schadstoffen erneut problemlos eingehalten werden.

Gegenüber 2023 haben sich die Konzentrationen der Stoffe geringfügig verändert, liegen jedoch weiterhin im üblichen Schwankungsbereich der letzten Jahre. In der folgenden Tabelle und Abbildung ist die Entwicklung der Schadstoffe, Nährstoffe und Organik im Faulschlamm über die vergangenen Jahre dargestellt.

Tabelle 5: Nährstoffe und Schadstoffe im Klärschlamm

		Grenzwert/ Richtwert	2023 Ø	2024 Ø	Veränderung
Nährstoffe					
Phosphor (P)	kg/t TS		33.7	29.6	- 12 %
Schwermetalle		(Richtwert)			
Cadmium (Cd)	g/t TS	5	0.5	0.5	0 %
Kobalt (Co)	g/t TS	60	6.0	6.1	+1 %
Chrom (Cr)	g/t TS	500	60	49	-18 %
Kupfer (Cu)	g/t TS	600	220	243	+11 %
Quecksilber (Hg)	g/t TS	5	0.50	0.50	0 %
Molybdän (Mo)	g/t TS	20	5.78	5.64	-2.4 %
Nickel (Ni)	g/t TS	80	21.6	18.9	-13 %
Blei (Pb)	g/t TS	500	29.8	36.8	+23 %
Zink (Zn)	g/t TS	2‘000	635	579	-9 %
AOX		(Grenzwert)			
AOX	g/t TS	500	112	107	- 4 %
Anzahl Analysen			2	2	





5 CO-SUBSTRAT MOLKE

5.1 EINLEITUNG

In der ARA Engelberg wird schon seit vielen Jahren die elektrische und thermische Energie mit dem betriebseigenen Blockheizkraftwerk (BHKW) und dem Kleinwasserkraftwerk (KWKW) selbst produziert. Früher musste in der kalten und schwachlastigen Jahreszeit ab Mitte Oktober bis Mitte Dezember mit Heizöl zusätzlich geheizt werden.

Molke ist die wässrige grünlich-gelbe Restflüssigkeit, die bei der Käseherstellung als Nebenprodukt entsteht. Sie ist der flüssige Teil, der nach der Gerinnung der Milch zu Käse oder Quark abgesondert wird. Molke besteht zu 90% aus Wasser und zu 10% aus Milchzucker, Fetten und Eiweiss. Diese Zucker und Fette haben einen sehr hohen Energiewert.

Seit dem Jahr 2019 wird die Molke im Normalbetrieb angenommen und vergärt. Die Molke stammt aus Käsereien in der näheren Umgebung von Engelberg.

5.2 AUSWERTUNG MOLKE AUF GASERTRAG UND ENERGIEPRODUKTION

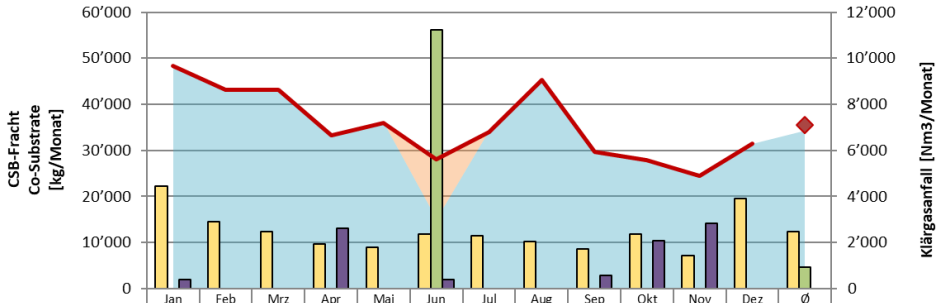
Über das ganze Jahr wurden insgesamt 47 m^3 Speisefett und 57 m^3 Molke angenommen. Die Molke ist ein hochwertiger Energieträger, bei deren Eintrag in den Faulraum sehr viel Methangas entsteht. Grob abgeschätzt beträgt der Anteil der Gasproduktion der Molke im Jahr 2024 rund 3%, wobei der Methangehalt und damit der Energiegehalt höher liegt als bei herkömmlichem Faulgas. Ebenfalls entstehen sehr wenig Rückstände im Faulschlamm, da die Molke zu mehr als 90% abgebaut werden kann. Lediglich 1.1 t entwässerter Faulschlamm wurde durch die Molke 2024 produziert. Die spezifischen Kennzahlen für Gasertrag, Stromertrag und Schlammproduktion sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Kennzahlen Molke 2024		
Gasertrag	m^3/m^3-Molke	45.2
Stromertrag	kWh/m^3-Molke	88.1
Schlammproduktion	kg/m^3-Molke	19.3

Vergleicht man den Gasertrag und den daraus berechneten Stromertrag sowie die Schlammproduktion mit den Vorjahren stellt man fest, dass sich diese wieder auf einem sehr ähnlichen Niveau befinden. Dies ist vor allem auf den TS der Molke zurückzuführen, welcher im Jahr 2023 rund 20 % aufwies (vgl. andere Jahre ca. 5 %) und somit die Ertragswerte pro m^3 Molke verhältnismässig stark erhöhte.

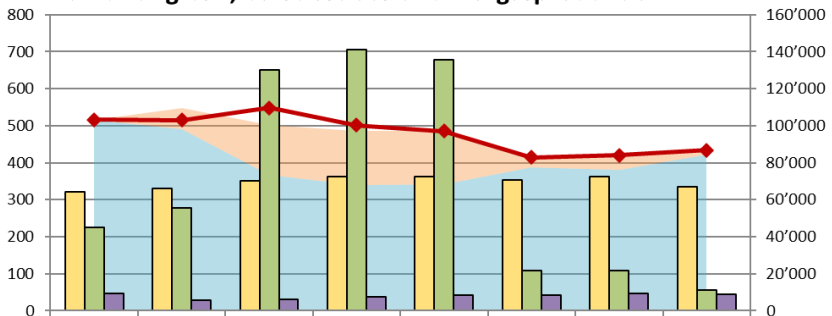
In den folgenden Auswertungen wurde der Einfluss der Molke auf die Gasproduktion visuell dargestellt.

2024: CSB-Fracht, Co-Substrate und Klärgasanfall



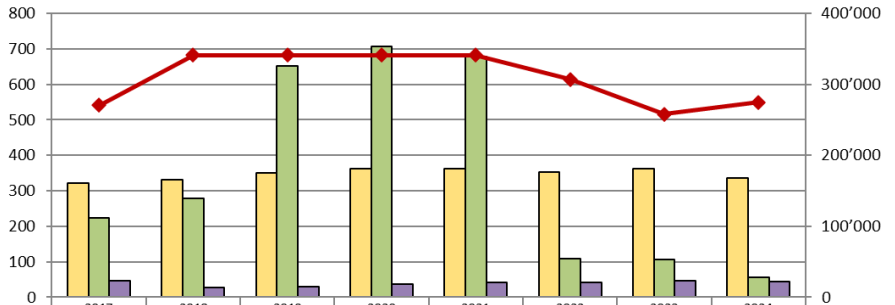
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Ø
Anteil Gasproduktion Molke	0	0	0	0	0	2'574	0	0	0	0	0	0	
Anteil Gasproduktion Schlamm / Fett	9'655	8'638	8'641	6'662	7'198	3'027	6'808	9'044	5'946	5'590	4'902	6'283	6'866
CSB im Zulauf	22'204	14'608	12'359	9'672	8'917	11'825	11'432	10'151	8'576	11'833	7'207	19'589	12'364
Annahme Molke	0	0	0	0	0	56'104	0	0	0	0	0	0	4'675
Annahme Fett	1'880	0	0	13'160	0	1'880	0	0	2'820	10'340	14'100	0	
Klärgas	9'655	8'638	8'641	6'662	7'198	5'601	6'808	9'044	5'946	5'590	4'902	6'283	7'081

Entwicklung CSB, Co-Substrate und Klärgasproduktion

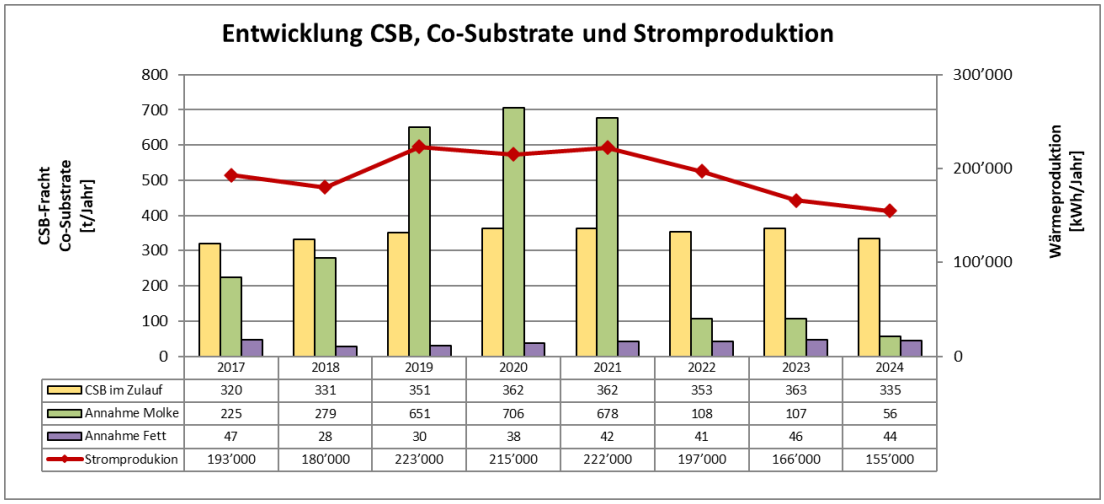


	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Gasproduktion Molke		11'465	26'781	29'063	28'840	5'353	7'743	2'574
Gasproduktion Schlamm /Fett	102'900	98'235	73'519	68'037	68'260	77'447	76'257	84'226
CSB im Zulauf	320	331	351	362	362	353	363	335
Annahme Molke	225	279	651	706	678	108	107	56
Annahme Fett	47	28	30	38	42	41	46	44
Klärgasproduktion	103'200	102'900	109'700	100'300	97'100	82'800	84'000	86'800

Entwicklung CSB, Co-Substrate und Wärmeproduktion



	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
CSB im Zulauf	320	331	351	362	362	353	363	335
Annahme Molke	225	279	651	706	678	108	107	56
Annahme Fett	47	28	30	38	42	41	46	44
Wärmeproduktion	270'410	341'140	341'160	341'140	341'140	307'160	258'080	274'800



	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
CSB im Zulauf	320	331	351	362	362	353	363	335
Annahme Molke	225	279	651	706	678	108	107	56
Annahme Fett	47	28	30	38	42	41	46	44
Stromprodukion	193'000	180'000	223'000	215'000	222'000	197'000	166'000	155'000

Der Einfluss der Molke ist bei der Energieproduktion (Strom, Wärme) sehr gut erkennbar. Die starke Zunahme der Molkenannahme ab dem Jahr 2017 hat einen starken Einfluss auf die Strom- und Wärmeproduktion der ARA Engelberg. Im Jahr 2022 und 2023 erfolgte keine regelmässige Lieferung, im Berichtsjahr 2024 ist die Menge erneut tiefer ausgefallen.

6 ENERGIE

Stromproduktion

Auf der ARA Engelberg wurden im Jahr 2024 folgende Strommengen erzeugt und verbraucht:

Tabelle 6: Stromerzeugung und Strombedarf

	2023		2024		Veränderung
BHKW	166'000	kWh	155'000	kWh	-7 %
KWKW	160'000	kWh	176'000	kWh	+10 %
PV-Anlage	12'000	kWh	11'000	kWh	-8 %
Produktion	**338'000**	**kWh**	**342'000**	**kWh**	**+1 %**
entspricht Verbrauch (HH)= Anzahl Haushalte	**85**	**HH**	**86**	**HH**	**+1 %**
Verbrauch	**307'000**	**kWh**	**335'000**	**kWh**	**+9 %**
Einspeisung ins Netz	**31'000**	**kWh**	**7'000**	**kWh**	**-77 %**
Eigendeckungsgrad	**110**	**%**	**102**	**%**	**-7 %**
Eigendeckung mit BHKW	**54**	**%**	**46**	**%**	**-14 %**

BHKW

Der Ertrag aus dem Blockheizkraftwerk (BHKW) ist insgesamt um 7 % gesunken. Dies liegt hauptsächlich am Dezember, in dem das BHKW aufgrund von Steuerungsproblemen nur im Teilbetrieb lief oder ganz ausser Betrieb war. Das Gas wurde mittels Brenner (Heizung) verwertet.

KWKW

Der Ertrag aus dem Kleinwasserkraftwerk (KWKW) ist um 10 % gestiegen. Der Stromertrag des KWKW hängt vom Zufluss der ARA ab, welcher in diesem Jahr um 9 % gestiegen ist.

PVA

Der Ertrag aus der Photovoltaikanlage (PVA) hat um 8 % abgenommen.

Stromverbrauch

Der Stromverbrauch der ARA Engelberg ist im Jahr 2024 um insgesamt 9 % gestiegen.

Eigendeckungsgrad

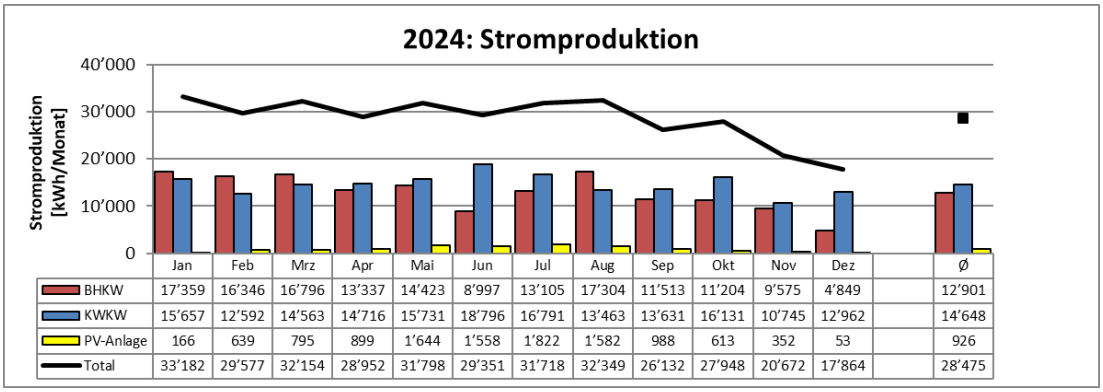
Der elektrische Eigendeckungsgrad mit allen Energieerzeugungsanlagen der ARA ist gegenüber dem Vorjahr um 7% gesunken und liegt aktuell bei 102 %. Die ARA Engelberg ist somit weiterhin ein Nettostromproduzent. Der elektrische Eigendeckungsgrad mit dem BHKW liegt bei 46 % und hat sich gegenüber dem Vorjahr um 14 % verringert. Dies ist hauptsächlich auf den geringeren Betrieb des BHKW im Dezember zurückzuführen. Verglichen mit anderen Kläranlagen weist die ARA Engelberg jedoch weiterhin einen hervorragenden Wert auf (Idealwert Kläranlage 5‘000 – 10‘000 EW $_{Mittel}$: 52%).

Einspeisung ins Netz

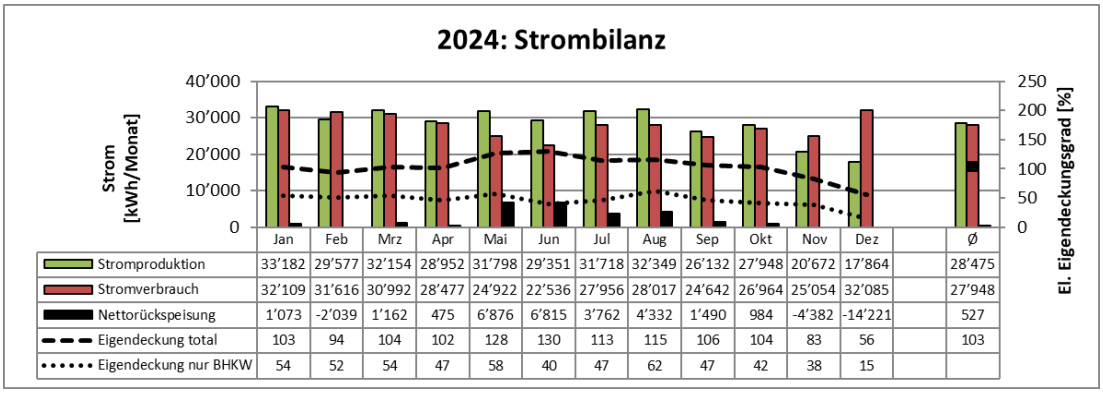
Im Jahr 2024 wurden insgesamt 7'000 kWh an Stromüberschuss ins Netz eingespeist. Dies entspricht knapp dem Strombedarf von 2 Haushalten.

Entwicklung

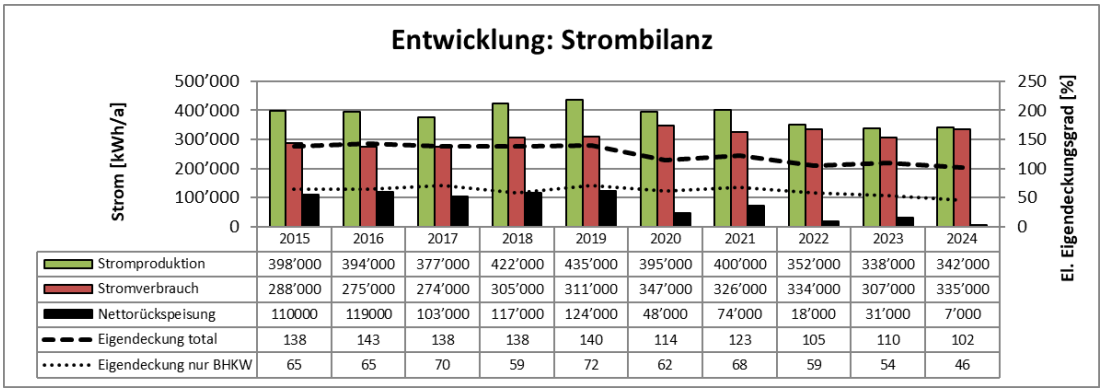
In den folgenden drei Abbildungen ist die Entwicklung der Stromproduktion und des Stromverbrauchs der ARA innerhalb des Jahres 2024 und über die vergangenen Jahre dargestellt.



	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		Ø
BHKW	17'359	16'346	16'796	13'337	14'423	8'997	13'105	17'304	11'513	11'204	9'575	4'849		12'901
KWKW	15'657	12'592	14'563	14'716	15'731	18'796	16'791	13'463	13'631	16'131	10'745	12'962		14'648
PV-Anlage	166	639	795	899	1'644	1'558	1'822	1'582	988	613	352	53		926
Total	33'182	29'577	32'154	28'952	31'798	29'351	31'718	32'349	26'132	27'948	20'672	17'864		28'475



	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		Ø
Stromproduktion	33'182	29'577	32'154	28'952	31'798	29'351	31'718	32'349	26'132	27'948	20'672	17'864		28'475
Stromverbrauch	32'109	31'616	30'992	28'477	24'922	22'536	27'956	28'017	24'642	26'964	25'054	32'085		27'948
Nettorückspeisung	1'073	-2'039	1'162	475	6'876	6'815	3'762	4'332	1'490	984	-4'382	-14'221		527
Eigendeckung total	103	94	104	102	128	130	113	115	106	104	83	56		103
Eigendeckung nur BHKW	54	52	54	47	58	40	47	62	47	42	38	15		



	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Stromproduktion	398'000	394'000	377'000	422'000	435'000	395'000	400'000	352'000	338'000	342'000
Stromverbrauch	288'000	275'000	274'000	305'000	311'000	347'000	326'000	334'000	307'000	335'000
Nettorückspeisung	110000	119000	103'000	117'000	124'000	48'000	74'000	18'000	31'000	7'000
Eigendeckung total	138	143	138	138	140	114	123	105	110	102
Eigendeckung nur BHKW	65	65	70	59	72	62	68	59	54	46

Wärmebedarf

Im Jahr 2024 benötigte die ARA Engelberg 274'800 kWh Wärme. Dies ist ein Anstieg von 6 % im Vergleich zum Vorjahr (2022: 308'200 kWh, 2023: 258'080 kWh). Die benötigte Wärme konnte weiterhin mittels Klärgasverwertung bereitgestellt werden. Der Gasbrenner kam im Jahr 2024 vermehrt zum Einsatz (vor allem im Dezember) und stieg im Vergleich zum Vorjahr um gesamthaft 245 %. Grund dafür ist das reduziert betriebene BHKW im Dezember aufgrund von Steuerungsproblemen.

In der Gesamtbilanz konnte die ARA im Jahr 2024 energieautark betrieben werden.

Bewirtschaftung Faulraum

Während den Monaten Mai bis Oktober wird der Faulraum mit einer Temperatur von über 36 ºC betrieben (Höchstwert: 40.6 ºC), während in den Herbst- und Wintermonaten dieser mit einer tieferen Temperatur betrieben wird (Tiefstwert: 30.4 ºC). Da die Aufenthaltszeit im Faulraum mit rund 70 Tagen sehr hoch ist, hat die tiefe Temperatur in den Herbst- und Wintermonaten keinen nennenswerten Einfluss auf die Gasproduktion.

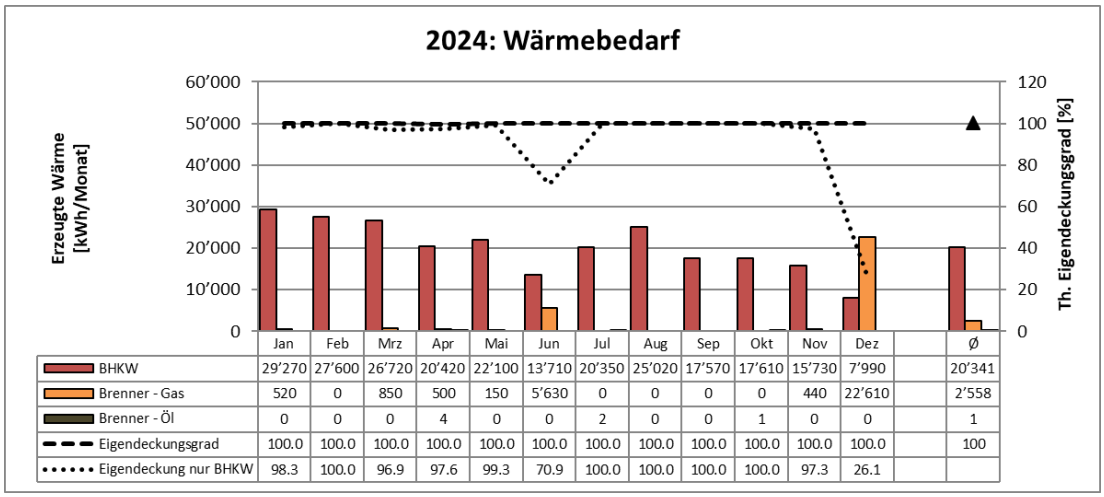
Durch die beschriebene Bewirtschaftung des Faulturms kann auf den Einsatz von Heizöl verzichtet werden.

Entwicklung

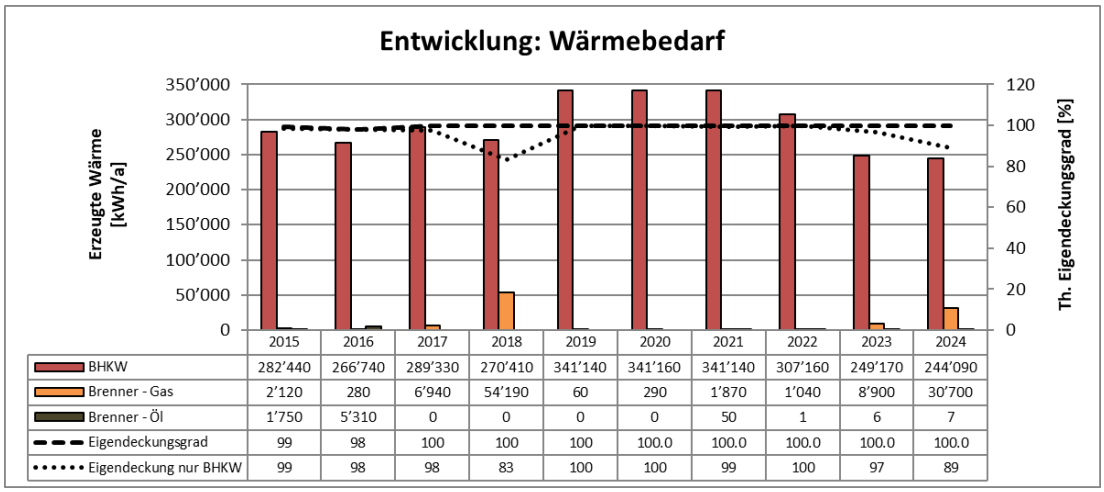
In den folgenden zwei Abbildungen ist die Entwicklung des Wärmebedarfs der ARA Engelberg innerhalb des Jahres 2024 und über die vergangenen Jahre dargestellt.

Einsparung Heizöl

Mit Ausnahme von kurzen Inbetriebnahmen, um Standschäden beim Ölbrenner zu verhindern, konnte im Jahr 2024 auf den Einsatz von Heizöl verzichtet werden Mit der Eigennutzung des Klärgases durch das BHKW und den Gasbrenner konnten im Jahr 2024 insgesamt 20'400 Liter Heizöl eingespart werden.



	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		Ø
BHKW	29'270	27'600	26'720	20'420	22'100	13'710	20'350	25'020	17'570	17'610	15'730	7'990		20'341
Brenner - Gas	520	0	850	500	150	5'630	0	0	0	0	440	22'610		2'558
Brenner - Öl	0	0	0	4	0	0	2	0	0	1	0	0		1
Eigendeckungsgrad	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		100
Eigendeckung nur BHKW	98.3	100.0	96.9	97.6	99.3	70.9	100.0	100.0	100.0	100.0	97.3	26.1		



	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
BHKW	282'440	266'740	289'330	270'410	341'140	341'160	341'140	307'160	249'170	244'090
Brenner - Gas	2'120	280	6'940	54'190	60	290	1'870	1'040	8'900	30'700
Brenner - Öl	1'750	5'310	0	0	0	0	50	1	6	7
Eigendeckungsgrad	99	98	100	100	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Eigendeckung nur BHKW	99	98	98	83	100	100	99	100	97	89

7 MIKROVERUNREINIGUNGEN (MV) IM ABWASSER

Einleitung

Die revidierte Gewässerschutzverordnung (GSchV), welche am 01.01.2016 in Kraft getreten ist, definiert den Gewässerschutz hinsichtlich Mikroverunreinigungen in Form von Pestiziden, Arzneimittel und weiteren Chemikalien neu. Dadurch soll das Ökosystem von durch Menschen verursachten Einflüssen geschützt sowie eine nachhaltige Trinkwasserqualität sichergestellt werden.

Grenzwerte

Grundsätzlich gilt für alle Bäche, Flüsse und Seen ein Grenzwert für Pestizide von 0.1 Mikrogramm (µg). Zusätzlich wurden insgesamt **12 Leitsubstanzen** (gemäss Verordnung des UVEK) definiert, um die Überprüfung des Reinigungseffektes von Massnahmen zur Elimination von organischen Spurenstoffen bei Abwasserreinigungsanlagen nachzuweisen. Diese zwölf Substanzen sind in zwei Kategorien untereilt:

1. Sehr gut abbaubare Substanzen (Kategorie 1) – **blau** markiert
2. Gut abbaubare Substanzen (Kategorie 2) – **rot** markiert

Erfüllung des Reinigungseffekts

Der Reinigungseffekt gilt als erfüllt, sobald der Mittelwert der Einzeleliminationen aller Substanzen mindestens 80 % beträgt. Dieser prozentuale Abbaueffekt ist jedoch nur für solche ARA verbindlich, welche den Betriebsprozess für die Elimination von MV schon gebaut haben. Diese Betriebsprozesse sind sehr teuer im Betrieb und Unterhalt.

Situation ARA Engelberg

Nur bestimmte Abwassereinigungsanlagen sind zur Inbetriebnahme einer vierten Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen gesetzlich verpflichtet. Aktuell muss die ARA Engelberg jedoch keine MV-Stufe realisieren. Aufgrund des bestehenden Betriebskonzeptes der Abwasserreinigung könnte ohnehin keine MV-Stufe realisiert werden.

Schlussfolgerung

Die Ermittlung der Leitsubstanzen, ersichtlich in den nachfolgenden Abbildungen, dient als Situationsanalyse der gegenwärtigen Belastung.

.

7.1 PARAMETER

Zulauf ARA

		18./22.11.18	4.3./7.3.19	27./31.10.19	26./30.1.20	11./13.10.20	15./17.3.21	03.04.22	23.03.23	11.10.23	26.03.24	Ø Engelberg	Ø Laburk	Anzahl Mess.
Substanz	**Kategorie**	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	
Amisulprid	Neuroleptika	8	10	5	11	5	5	91	5	19	5	16	120	47
Benzotriazol	Korrossionsschutz	215	2450	1125	4454	986	1598	3481	4103	1666	1810	2189	9400	56
Candesartan	Blutdrucksenker	285	373	199	396	226	354	376	619	478	150	345	880	46
Carbamazepin	Antiepileptikum	46	134	67	183	104	106	201	233	216	159	145	410	61
Citalopram	Antidepressivum	100	14	5	50	9	17	40	41	41	12	33	96	49
Clarithromycin	Antibiotikum	1850	113	5	316	18	31	5	158	113	8	262	310	49
Diclofenac	Analgetikum	581	1060	580	1481	1141	1319	1720	2375	1312	1820	1339	2600	60
Hydrochlorothiazid	Diuretikum	730	675	247	471	287	368	439	554	483	443	470	1400	42
Irbesartan	Blutdrucksenker	603	774	481	968	588	698	863	917	748	542	718	950	49
Methylbenzotriazol	Korrossionsschutz	337	1980	332	1416	345	703	5885	177	174	131	1148	2600	47
Metoprolol	Betablocker	349	267	153	395	151	179	181	305	261	202	244	600	49
Venlafaxin	Antidepressivum	110	124	46	141	39	79	89	85	137	83	93	430	49

Ablauf ARA

		18./22.11.18	4.3./7.3.19	27./31.10.19	26./30.1.20	11./13.10.20	15./17.3.21	03.04.22	23.03.23	11.10.23	26.03.24	Ø Engelberg	Ø Laburk	Anzahl Mess.
Substanz	**Kategorie**	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	
Amisulprid	Neuroleptika	6	10	5	9	5	5	39	5	18	5	11	63	47
Benzotriazol	Korrossionsschutz	216	2190	979	3962	568	1215	1877	2763	1031	1837	1664	4800	58
Candesartan	Blutdrucksenker	383	358	200	483	160	323	327	612	420	180	344	870	46
Carbamazepin	Antiepileptikum	46	124	143	273	132	182	277	313	261	194	194	310	61
Citalopram	Antidepressivum	94	5	5	34	19	17	29	47	43	52	34	63	49
Clarithromycin	Antibiotikum	1890	51	12	270	12	32	7	125	111	26	254	310	49
Diclofenac	Analgetikum	528	1070	581	1276	722	997	1143	1632	1183	1828	1096	1900	58
Hydrochlorothiazid	Diuretikum	698	539	204	586	238	413	366	537	317	293	419	1300	44
Irbesartan	Blutdrucksenker	662	722	536	901	421	552	665	816	586	471	633	810	49
Methylbenzotriazol	Korrossionsschutz	501	738	401	1402	300	547	1997	210	71	85	625	1800	47
Metoprolol	Betablocker	289	218	133	228	107	158	178	348	213	175	205	440	49
Venlafaxin	Antidepressivum	129	112	68	162	36	88	98	107	164	95	106	320	49

Die Durchschnittswerte des Laburk beinhalten Werte aller in den Urkantonen (Nid- und Obwalden, Uri, Schwyz) gemessenen Kläranlagen betreffend den Prüfsubstanzen. Sofern der gemessene Wert der ARA Engelberg diesen nicht überschreitet, wird die Zelle grün eingefärbt. Ist sie orange eingefärbt, ist der Wert überschritten.

8 SONSTIGES

8.1 WEITERBILDUNG

- Fr 01. März: Martin Gügler hat seinen ersten Arbeitstag. Martin wird die Nachfolge von Bereichsleiter Robi Schleiss ab 01. März 2025 übernehmen. Robi Schleiss geht ab 01. März 2025 nach 35 Dienstjahren in Pension.
- Di 26. März: Chestonag Automation: Schulung und Vorstellung neue Version des Leitsystem

  Teilnehmer: Gügler Martin, Niederberger Vik, Schleiss Robi
- Mi 27. März: Niederberger Paul hat seinen letzten Arbeitstag. Niederberger Paul geht nach 20 Dienstjahren in Pension.
- Di 14. und Mi 15. Mai: IFAT München. Grösste Umweltleitmesse der Welt

  Teilnehmer: Gügler Martin, Schleiss Robi
- Mi 12. Juni: Berufskollegentreffen in ARA Blindei, Wolhusen

  Teilnehmer: Gügler Martin, Niederberger Viktor, Schleiss Robert
- Fr 30. Aug: Firma Sistag Eschenbach (spezialisiert auf Schieber und Absperrorgane)

  60 Jahr Jubiläum. Vorstellung neuer Absperrtechniken und Werksführung

  Teilnehmer: Schleiss Robert
- Mi 11. Sept : ARA-Tagung der Kantone Luzern, Obwalden, Nidwalden, Uri und Zug in der Stadt Luzern. Am Nachmittag gab es noch eine Führung bei der Berufsfeuerwehr der Stadt Luzern.

  Teilnehmer: Gügler Martin, Schleiss Robi
- Mi 30. Okt: Arbeitssicherheit BFU: BESIBE-Grundkurs in ARA Bülach

  Teilnehmer: Gügler Martin
- Mo 02. und Di 03. Dez: Gabelstaplerkurs in Engelberg.

  Teilnehmer: Gügler Martin

Bemerkung zur Weiterbildung des ARA-Personals

Da in der Abwasserreinigung immer wieder neue Technologien eingesetzt werden, ist es für das Betriebspersonal zwingend an jährlich wiederkehrenden Weiterbildungen und Workshops teilzunehmen. Die Kurse, Fachtagungen, Seminare und Fachmessen dienen dazu, neue und teilweise noch unbekannte Technologien kennenzulernen. Da der Kundenkontakt bei einer ARA nicht sehr ausgeprägt ist, ist es umso wichtiger, sich mit anderen, vor allem in der näheren Umgebung stehenden ARA, auszutauschen. Dies dient dazu, bereits in anderen Betrieben eingebaute neue Technologien im praktischen Einsatz kennenzulernen (Wissenstransfer). Das gleiche gilt auch im Sicherheitsbereich.

8.2 SPEZIELLES

Finanzplanung ARA

Die Finanzplanung ist ein Instrument, welches es der ARA ermöglicht, Investitionen genauer zu planen. Dabei werden auch Beträge unter CHF 50'000 berücksichtigt. Somit können die Investitionen bei der ARA und der Kanalisation frühzeitig aufeinander abgestimmt werden.

Weitere Vorteile sind die langfristige Planung der Betriebsgebühren sowie die Koordination hinsichtlich den Gemeindefinanzen.

Die Finanzplanung wird jährlich überarbeitet und falls notwendig angepasst.

Baukontrolle Entwässerungsanlagen bei Neu- und Umbauprojekten

Seit dem Jahr 2021 wurde die Baukontrolle inkl. deren Bewilligungen in der Abteilung "Bau & Infrastruktur" neu organisiert. Die ARA unterstützt die Fachperson Tiefbau bei Fachfragen wie z.B. Bewilligungen, Baukontrolle vor Ort, Auskünfte für Bauherrschaft usw. So ist unter anderem beim Bewilligungsprozess eine bessere Grundlage gewährleistet.

Bei Sanierungsprojekten der öffentlichen Entwässerungsanlagen wird die Ausführung und Überwachung durch die ARA organisiert und koordiniert (teilweise in Zusammenarbeit dem mit dem GEP-Ingenieur der Holinger AG).

Die ARA ist auch, wenn nötig, behilflich bei der Koordination der jährlichen Massnahmenplanung und der Budgetierung für die Folgejahre

Mitte Mai: Spülen und Reinigung Kanalisation Zone 5.

Ausführung: Kanal Engel, Abtwil

Seit regelmässige Reinigungen und Kontrollen im Kanalnetz gemacht werden, gibt es in der Rechenanlage der ARA keine Betriebsstörungen mehr. Davon ausgenommen sind solche, welche durch aussergewöhnlich starke Regenereignisse verursacht werden.

Mitte Dez: Einbau einer neuen Kanalmessung im Weiler Grafenort. Funktion ist gleich wie die bereits seit Oktober 2019 im Einsatz stehenden Kanalmessungen.

Seit Oktober 2019 sind im öffentlichen Kanalnetz bereits vier mobile Messungen im Einsatz. Diese sind bei den wichtigsten Abwasserentlastungen zu den öffentlichen Gewässern eingebaut. Eine Messung wird gezielt dort eingesetzt, wo Fremdwasser im Kanalnetz vermutet wird. Die Messergebnisse aller Messgeräte werden mittels GSM in den ARA-Server eingelesen und anschliessend ausgewertet.

Fr 18. Januar: Auslieferung einer mobilen Rohrkamera für Kontrollen bei Leitungen mit Durchmesser 50 mm bis 400 mm und einer Reichweite im Kanalnetz bis 100 m. Die Kamera ist mit der aktuellen Software ausgerüstet, wie sie bei den spezialisierten Kanalunterhaltsfirmen auch eingesetzt wird. So kann bei aussergewöhnlichen Schlussabnahmen und kurzfristigen Einsätzen bei der öffentlichen Kanalisation schneller vor Ort reagiert werden. Auch bei den Gemeindeliegenschaften kommt die Kamera zum Einsatz.

Kosten: CHF 23’000

Im Jahr 2024 betrug der Anteil der Stellenprozente für die Kanalisation 6% (ohne die Fachperson Bauwesen vom Bauamt)

Finanzierung Kanalisation und Abwasser

Gemäss Gewässerschutzgesetz hat die Gemeinde die Aufsichtspflicht über das Abwasserwesen. Jedes Jahr werden Teile des öffentlichen und privaten Kanalisationsnetzes kontrolliert und teilweise repariert oder erneuert. Im Rahmen der generellen Entwässerungsplanung werden diese Massnahmen laufend umgesetzt.

Die jährlichen Kosten für die betrieblichen und baulichen Unterhaltsmassnahmen betragen ca. CHF 350'000.

Labor der Urkantone (Laburk)

Mo 25. März bis Do 28. März 2024 sowie Mo 11. Nov. bis Do 14. Nov. 2024 fanden jeweils die Probenahmen statt. Das Laburk prüft sämtliche Abwasserparameter, inklusive den Pro-

ben "Mikroverunreinigungen" (nur im Frühling), welche das Gewässerschutzgesetz vorschreibt. Die Proben werden durch den Kanton angeordnet und kontrolliert.

Ebenso wurde pro Halbjahr je eine Schlammprobe aus dem Faulraum ausgewertet.

Überwachung Engelbergeraa durch ARA-Personal

Das ARA-Personal nimmt an festgelegten Orten (unter anderem auch dort wo das Laburk seine definierten Proben entnimmt) in der Engelbergeraa Wasserproben und wertet diese im betriebseigenen Labor aus.

Die Jahresauswertung ist gemäss der Vorgabe des Bundes in einem separaten Kapitel dargestellt.

Durch die monatliche Probenahme in der Engelbergeraa werden spezielle Gegebenheiten / Zustände nach der Einleitung frühzeitig erkannt. Ebenso können beim Zugang zur Engelbergeraa, im steilen Gelände des Kleinwasserkraftwerk (KWKW), Veränderungen frühzeitig wahrgenommen werden. Ausserdem können allfällige Folgeschäden im Gelände, beim KWKW sowie der Ablaufrinne, verhindert werden.

Ganzes Jahr 2024

ARA-Führungen

Im Jahr 2024 nutzten einige Schulklassen der Oberstufe und des Gymnasium die Möglichkeit, einen Rundgang durch die ARA zu erleben. In der Regel werden diese ARA-Besuche mit spezifischen Themen im Schulunterricht als Unterrichtslektion gewertet. Manchmal werden von der ARA, auf Wunsch der Lehrkräfte, noch Flyer und/oder Fliessschemas der ARA abgegeben, damit eine gezielte Vorbereitung der Schüler möglich ist.

Die im Juni neu gewählten Gemeinderäte kamen zu Besuch und wollten sich vor Ort über die ARA informieren lassen. Anschliessend gab es noch einen Rundgang.

Medienberichte

Im wöchentlichen “Engelbergeranzeiger“ (ein Infomagazin für alle Einwohner und Gäste von Engelberg) publiziert die ARA in unregelmässigen Abständen kleine Berichte über die ARA.

Es gibt immer wieder überraschende und positive Rückmeldungen über die Aktivitäten der ARA Engelberg. Die Menschen sind sich oft nicht bewusst, dass in einer ARA, nebst der Hauptaufgabe der Abwasserreinigung, nachhaltige Energie erzeugt wird. Dies ermöglicht seit einigen Jahren einen energieautarken Betrieb der ARA.

ENGELBERG
EINWOHNERGEMEINDE
ARA ENGELBERG

ANHANG 1

KENNZAHLEN 2024

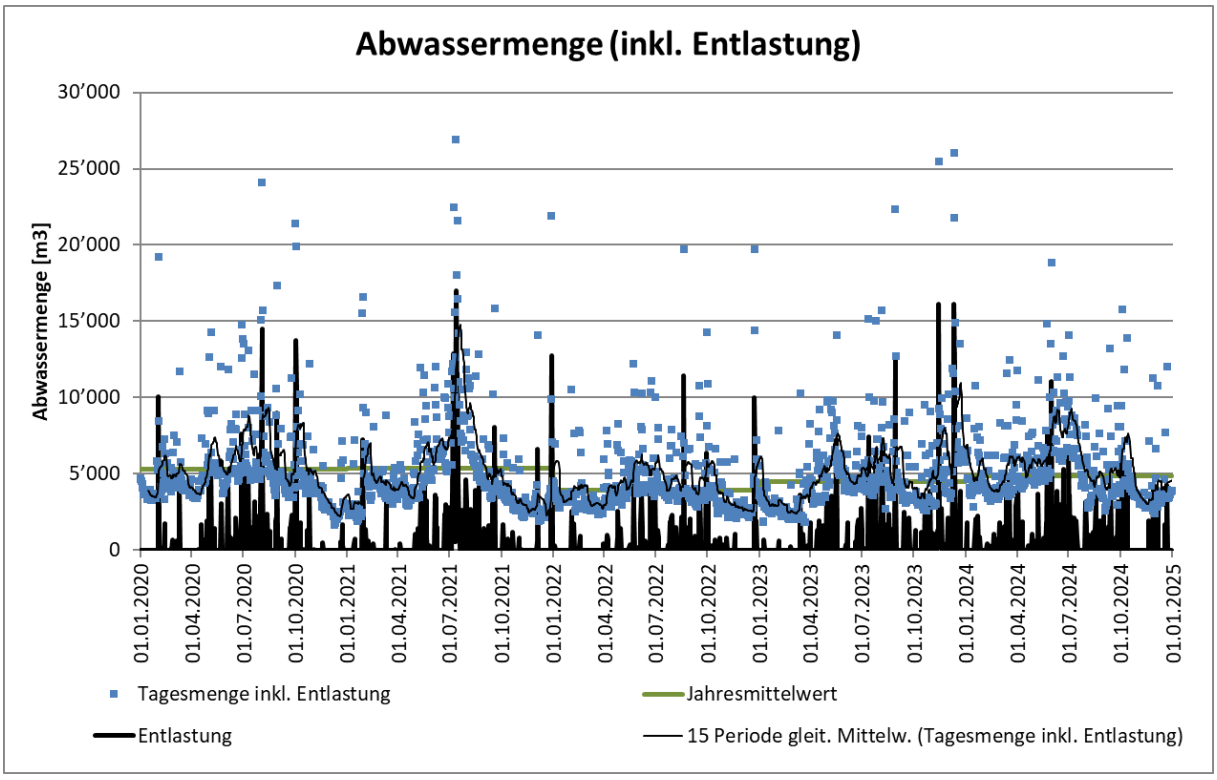
Kennzahlen 2023 / 2024

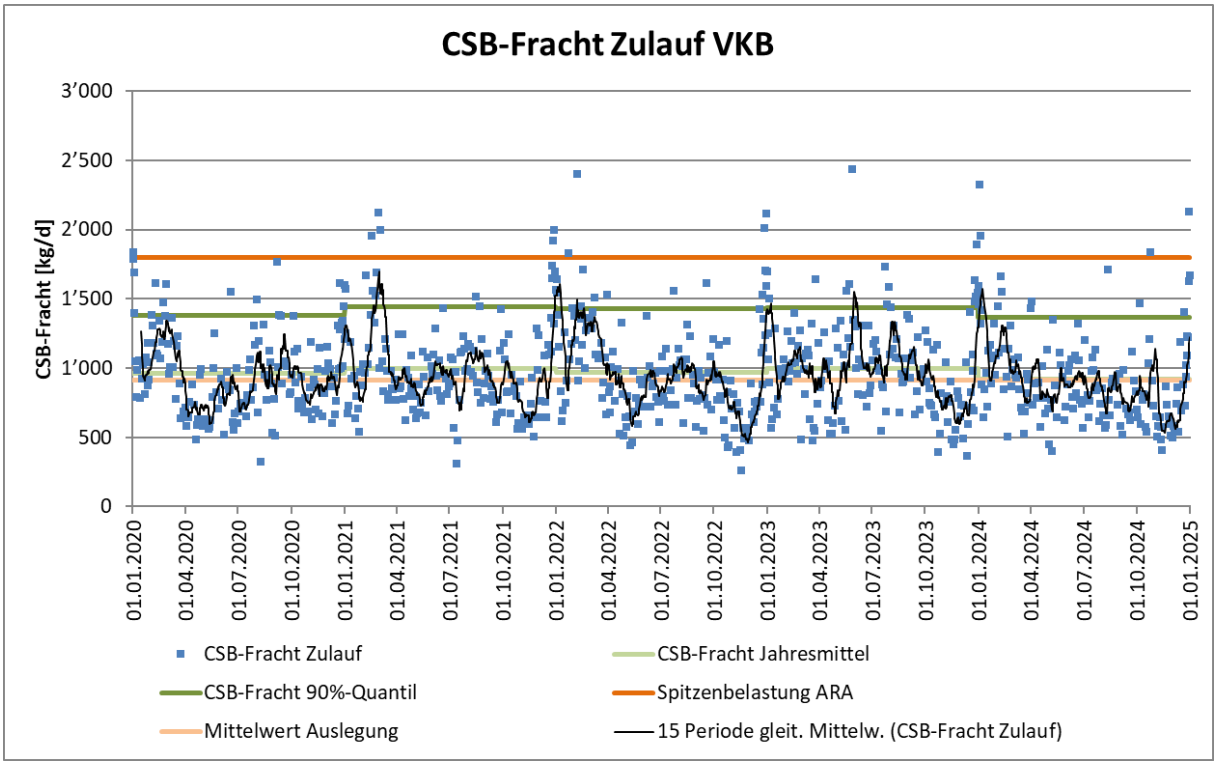
	2023		2024	
Abwassermenge				
Behandelt auf Kläranlage	1'628'245	m^3	1'778'194	m^3
Entlastung Engelberger Aa	217'607	m^3	212'511	m^3
Entlastung: grob gereinigt über Regenbecken				
Einwohnergleichwerte				
Einwohnerzahl (inkl. Tourismus und Gewerbe, 85% Wert)	10'900	EG	10'100	EG
Organische Schmutzfracht				
Fracht im Zulauf pro Tag	995	kg CSB	923	kg CSB
Fracht im Abfluss pro Tag	83	kg CSB	79	kg CSB
CSB: Zur Oxidation der organischen Stoffe benötigte Sauerstoffmenge				
Phosphor				
Fracht im Zulauf pro Tag	14	kg P	13	kg P
Fracht im Abfluss pro Tag	0.38	kg P	0.31	kg P
Reinigungsleistung				
Abgebaute organische Schmutzstoffe	91.2	%	90.9	%
Phosphorentfernung (Überdüngung)	87	%	86.9	%
Abbau Ammonium (Fischgift)	96.1	%	98.8	%
Stickstoffentfernung (Überdüngung)	34.5	%	31.7	%
Überdüngung: Starkes Wachstum von Wasserpflanzen (z.B. Algen)				
Faulraumbeschickung und -entsorgung				
Frischschlammmenge (TS: ca. 2 %)	8'000	m^3	8'200	m^3
Externe Annahme Co-Substrat (Fett aus Fettabsch.)	49	m^3	47	m^3
Externe Annahme Co-Substrat (Molke)	110	m^3	57	m^3
Faulschlammmenge (TS: ca. 2.5 %)	3'800	m^3	3'300	m^3
Externe Entsorgung (TS: ca. 27 %)	342	t	343	t
Davon Schlamm aus Vergärung Molke	*2.8*	*t*	*1.1*	*t*
TS: Trockensubstanz				
Klärgas				
Klärgas	84'000	Nm^3	86'800	Nm^3
Davon Klärgasertrag aus Molke	*7'743*	*Nm3*	*2'574*	*Nm3*
Strom (Eigendeckungsgrad: 102 %)				
Verbrauch	307'000	kWh	335'000	kWh
Eigenproduktion (BHKW, KWKW, PVA)	338'000	kWh	342'000	kWh
Entspricht dem Verbrauch Anzahl Haushalte	(~ 85 Haushalte)		(~ 86 Haushalte)	
Einspeisung ins öffentliche Stromnetz	31'000	kWh	7'000	kWh
Wärme (Eigendeckungsgrad: 100 %)				
Einsparung Heizöl: Der Anteil Klärgas entspricht der Menge von 20'400 Liter (2024) bzw. 20'800 Liter (2023)				
Wärmebedarf total	258'080	kWh	274'800	kWh
Anteil BHKW (Klärgas)	96.5	%	88.8	%
Anteil Brenner (Klärgas)	3.5	%	11.2	%
Anteil Brenner (Öl) >>für Testzwecke des Brenners	0	%	0	%

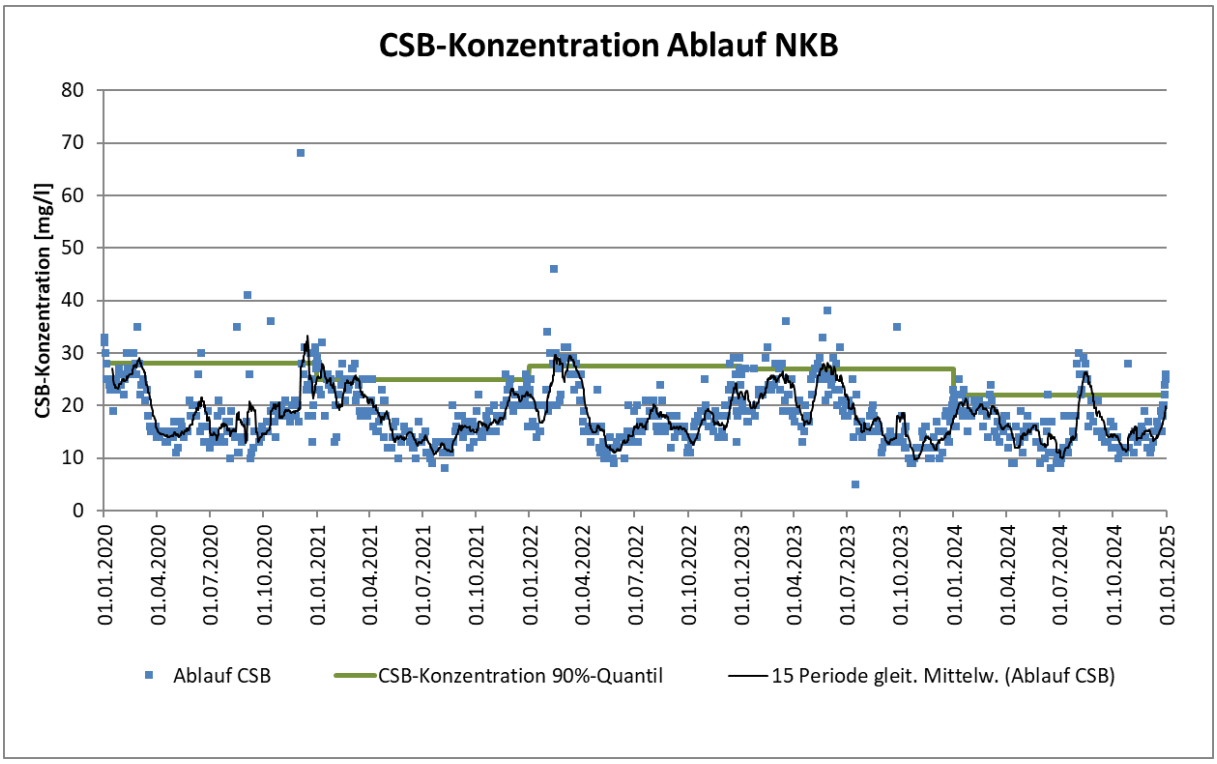
Die ARA konnte 2024 energieautark betrieben werden

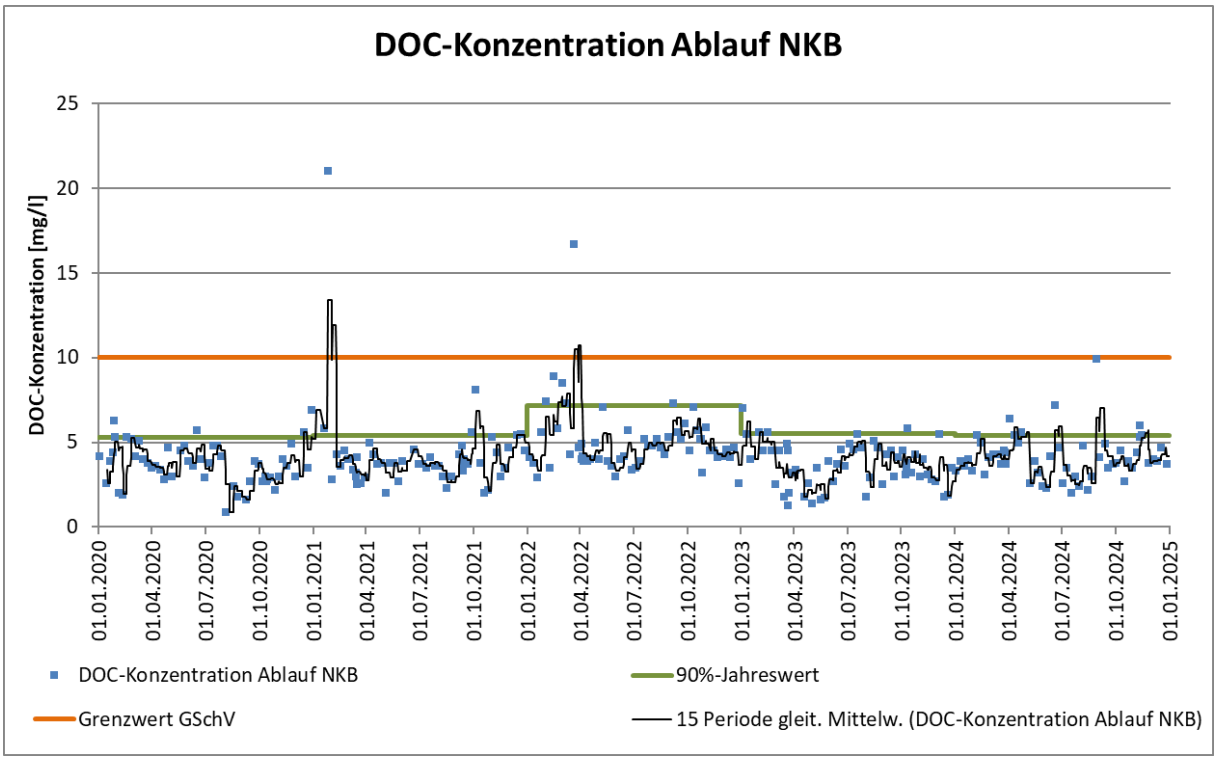
ANHANG 2

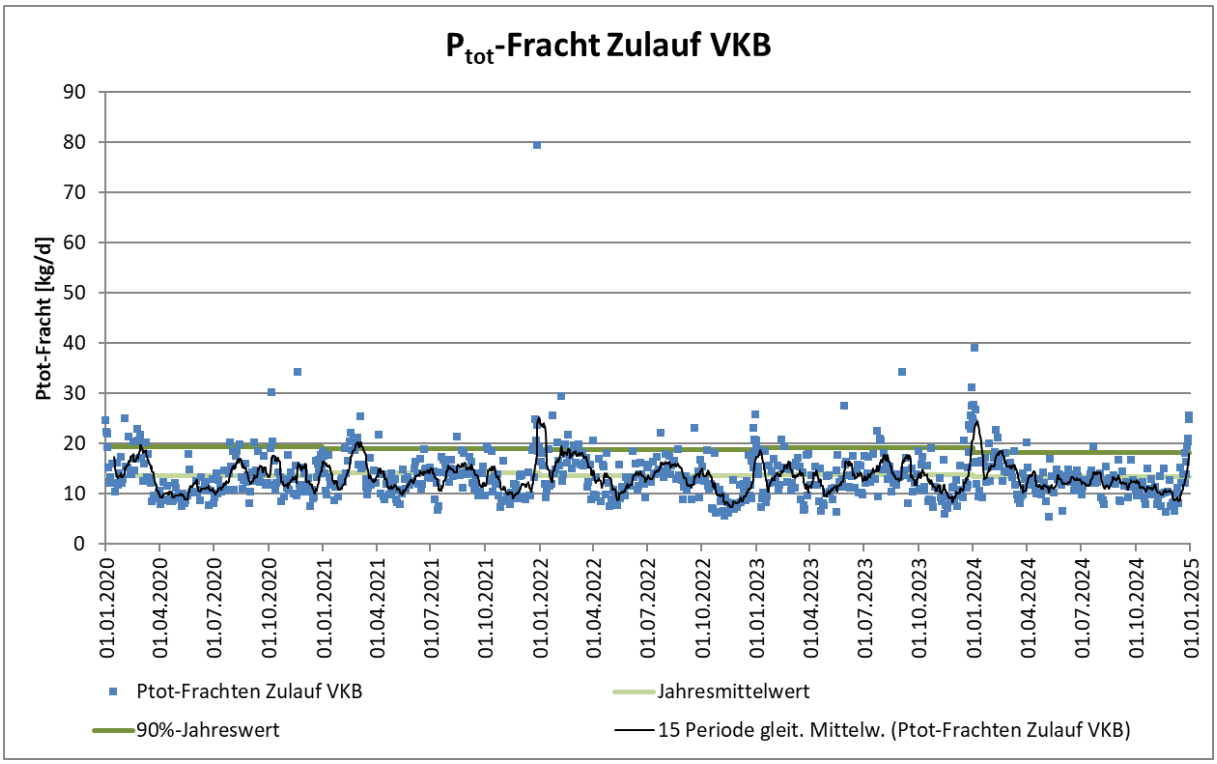
AUSWERTUNG BETRIEBSDATEN 2020 - 2024

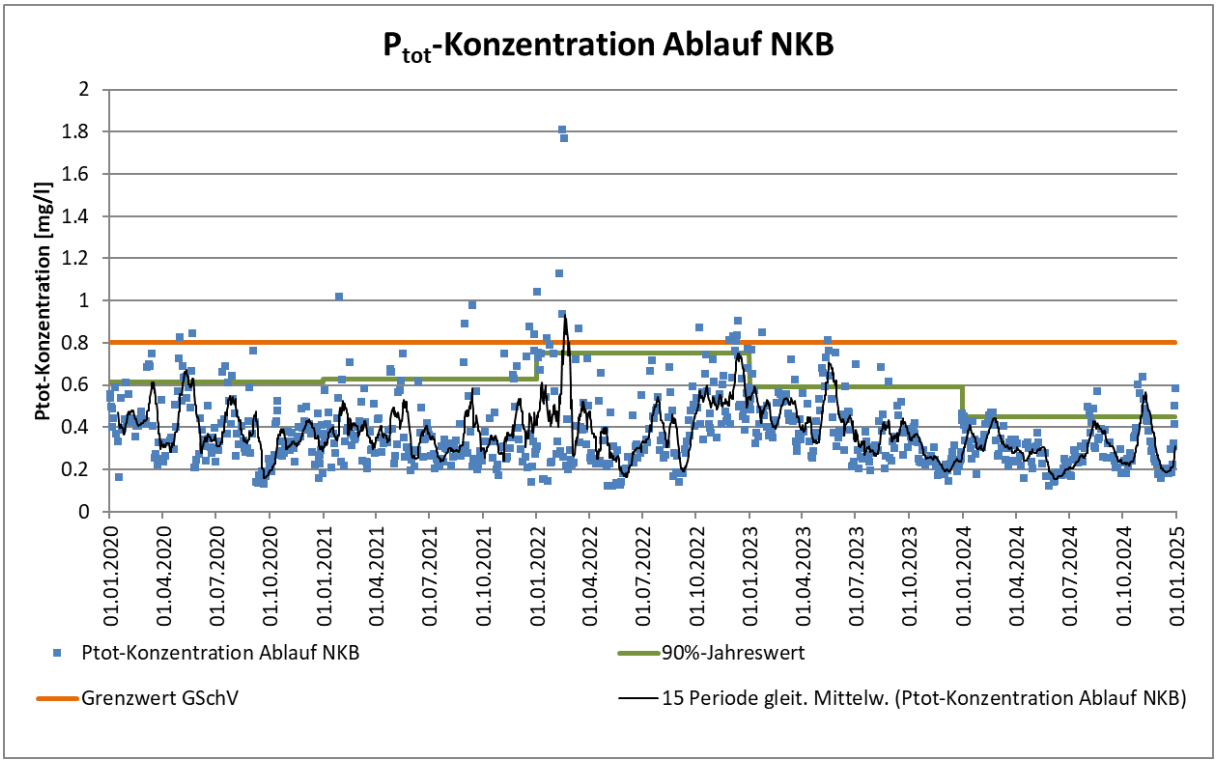

Abwassermenge (inkl. Entlastung)
Abwassermenge [m3]
30'000
25'000
20'000
15'000
10'000
5'000
0
01.01.2020
01.04.2020
01.07.2020
01.10.2020
01.01.2021
01.04.2021
01.07.2021
01.10.2021
01.01.2022
01.04.2022
01.07.2022
01.10.2022
01.01.2023
01.04.2023
01.07.2023
01.10.2023
01.01.2024
01.04.2024
01.07.2024
01.10.2024
01.01.2025
Tagesmenge inkl. Entlastung
Jahresmittelwert
Entlastung
15 Periode gleit. Mittelw. (Tagesmenge inkl. Entlastung)

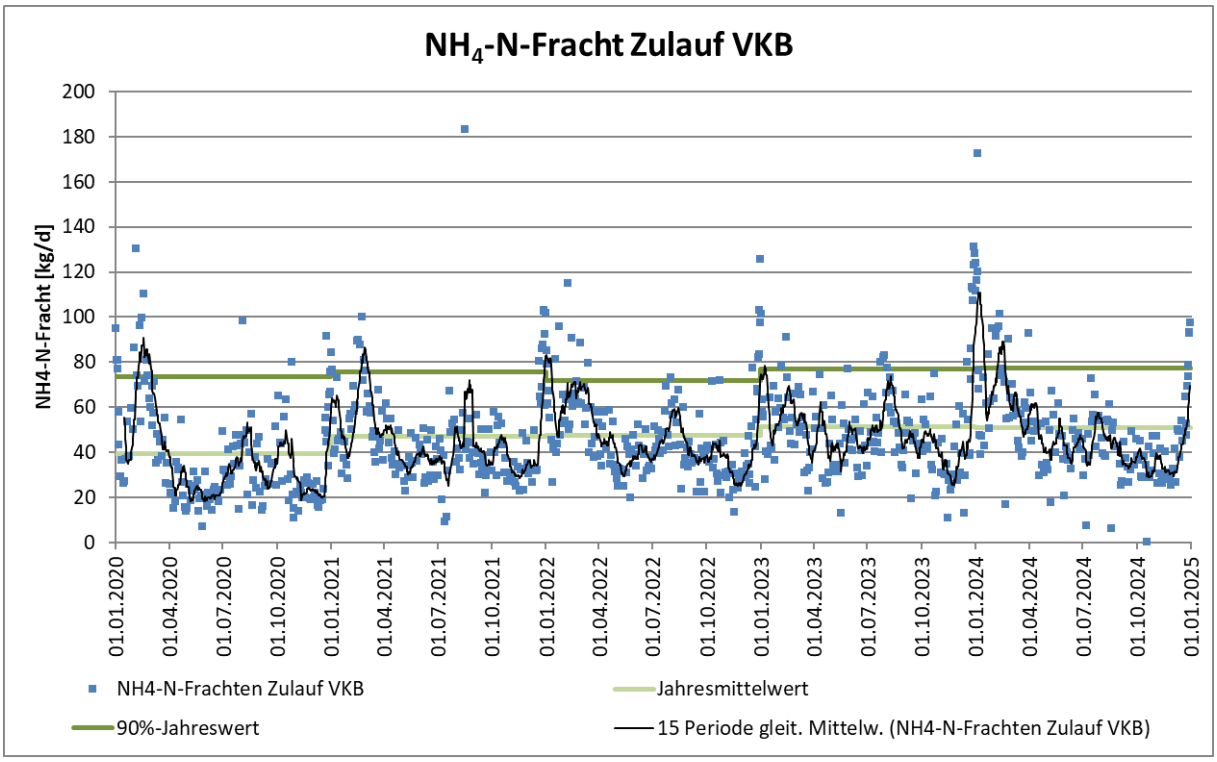

CSB-Fracht Zulauf VKB
CSB-Fracht [kg/d]
3'000
2'500
2'000
1'500
1'000
500
0
01.01.2020
01.04.2020
01.07.2020
01.10.2020
01.01.2021
01.04.2021
01.07.2021
01.10.2021
01.01.2022
01.04.2022
01.07.2022
01.10.2022
01.01.2023
01.04.2023
01.07.2023
01.10.2023
01.01.2024
01.04.2024
01.07.2024
01.10.2024
01.01.2025
CSB-Fracht Zulauf
CSB-Fracht Jahresmittel
CSB-Fracht 90%-Quantil
Spitzenbelastung ARA
Mittelwert Auslegung
15 Periode gleit. Mittelw. (CSB-Fracht Zulauf)

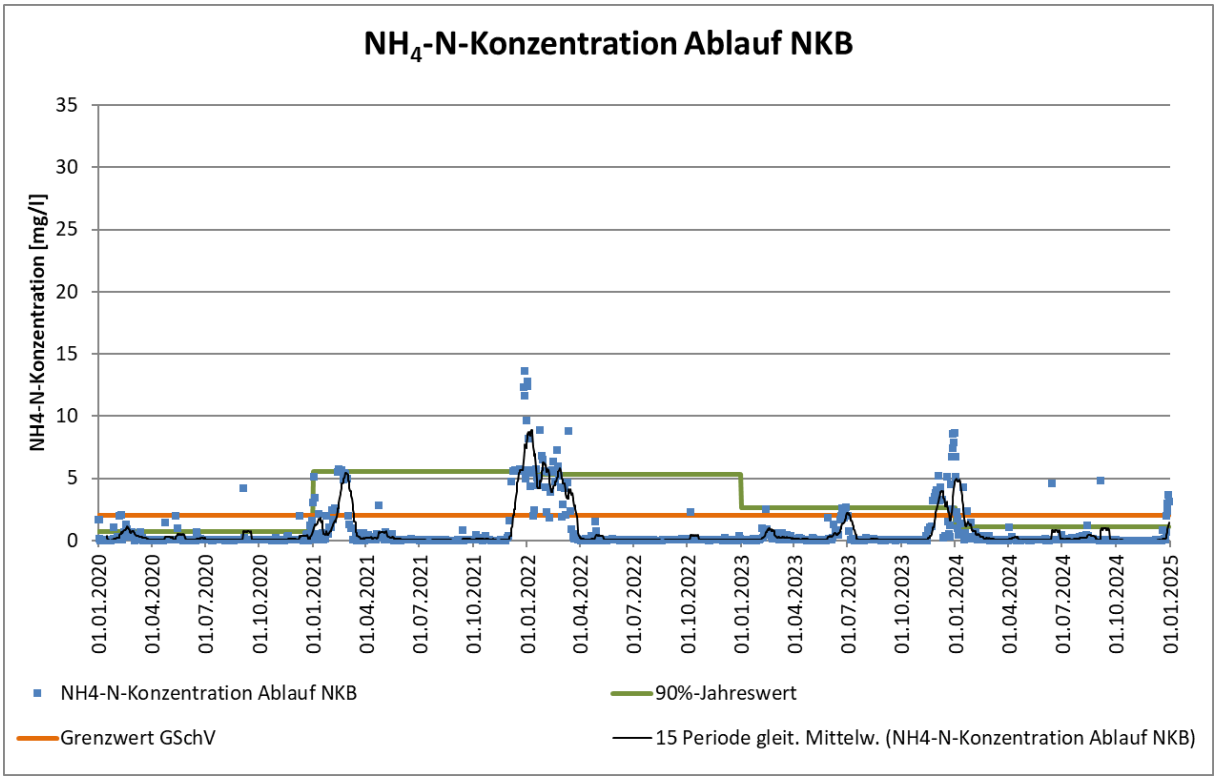

CSB-Konzentration Ablauf NKB
CSB-Konzentration [mg/l]
0
10
20
30
40
50
60
70
80
01.01.2020
01.04.2020
01.07.2020
01.10.2020
01.01.2021
01.04.2021
01.07.2021
01.10.2021
01.01.2022
01.04.2022
01.07.2022
01.10.2022
01.01.2023
01.04.2023
01.07.2023
01.10.2023
01.01.2024
01.04.2024
01.07.2024
01.10.2024
01.01.2025
Ablauf CSB
CSB-Konzentration 90%-Quantil
15 Periode gleit. Mittelw. (Ablauf CSB)

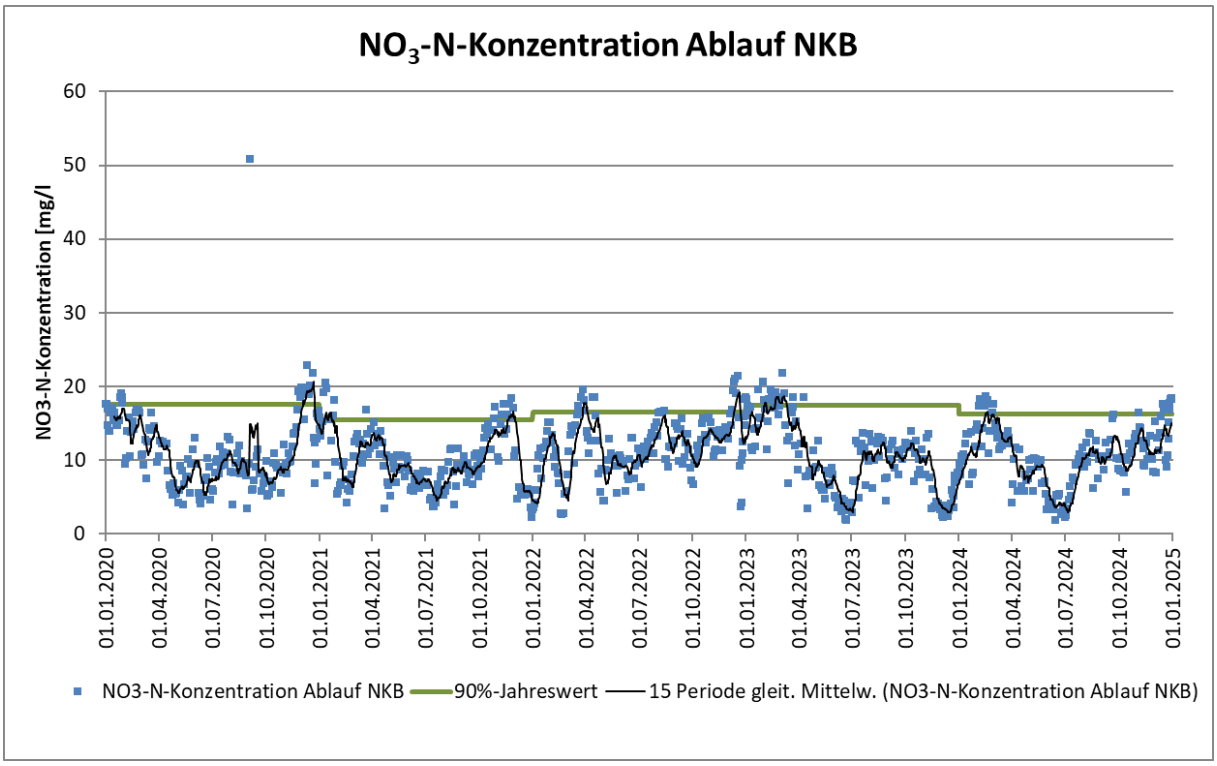

DOC-Konzentration Ablauf NKB
DOC-Konzentration [mg/l]
0
5
10
15
20
25
01.01.2020
01.04.2020
01.07.2020
01.10.2020
01.01.2021
01.04.2021
01.07.2021
01.10.2021
01.01.2022
01.04.2022
01.07.2022
01.10.2022
01.01.2023
01.04.2023
01.07.2023
01.10.2023
01.01.2024
01.04.2024
01.07.2024
01.10.2024
01.01.2025
DOC-Konzentration Ablauf NKB
90%-Jahreswert
Grenzwert GSchV
15 Periode gleit. Mittelw. (DOC-Konzentration Ablauf NKB)

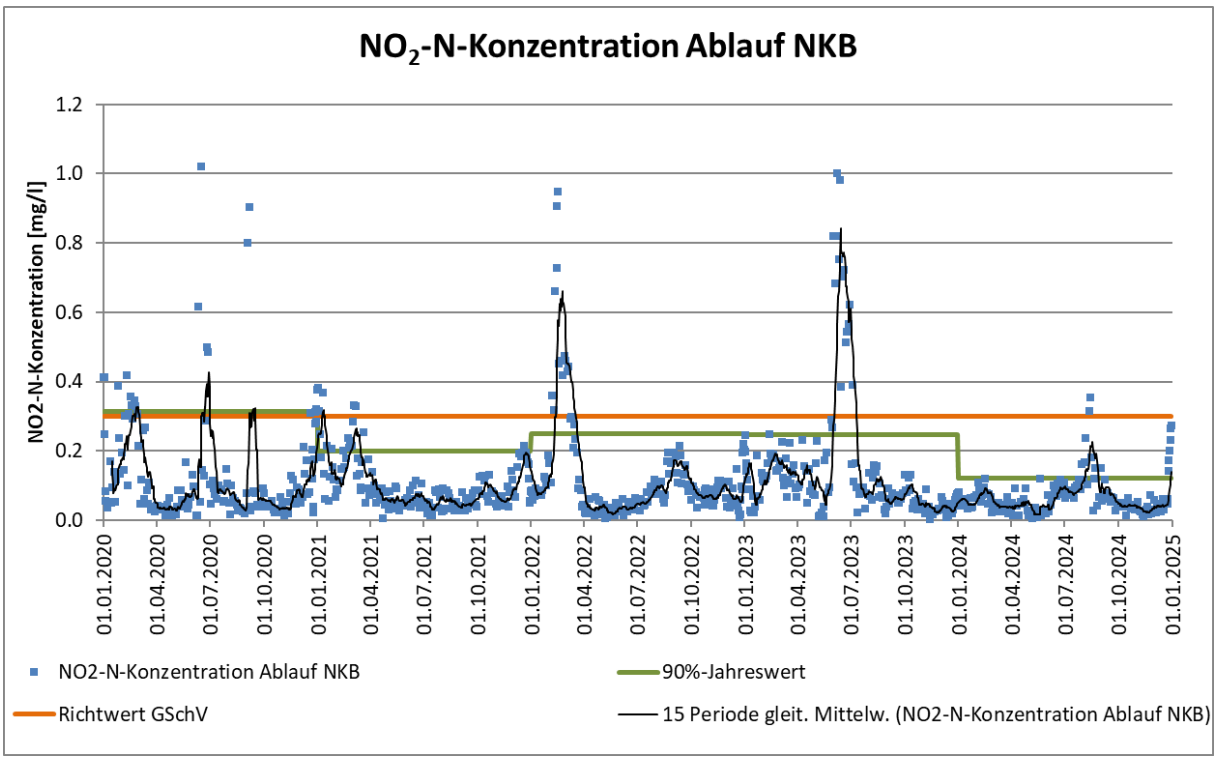

Ptot-Fracht Zulauf VKB
Ptot-Fracht [kg/d]
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
01.01.2020
01.04.2020
01.07.2020
01.10.2020
01.01.2021
01.04.2021
01.07.2021
01.10.2021
01.01.2022
01.04.2022
01.07.2022
01.10.2022
01.01.2023
01.04.2023
01.07.2023
01.10.2023
01.01.2024
01.04.2024
01.07.2024
01.10.2024
01.01.2025
Ptot-Frachten Zulauf VKB
Jahresmittelwert
90%-Jahreswert
15 Periode gleit. Mittelw. (Ptot-Frachten Zulauf VKB)

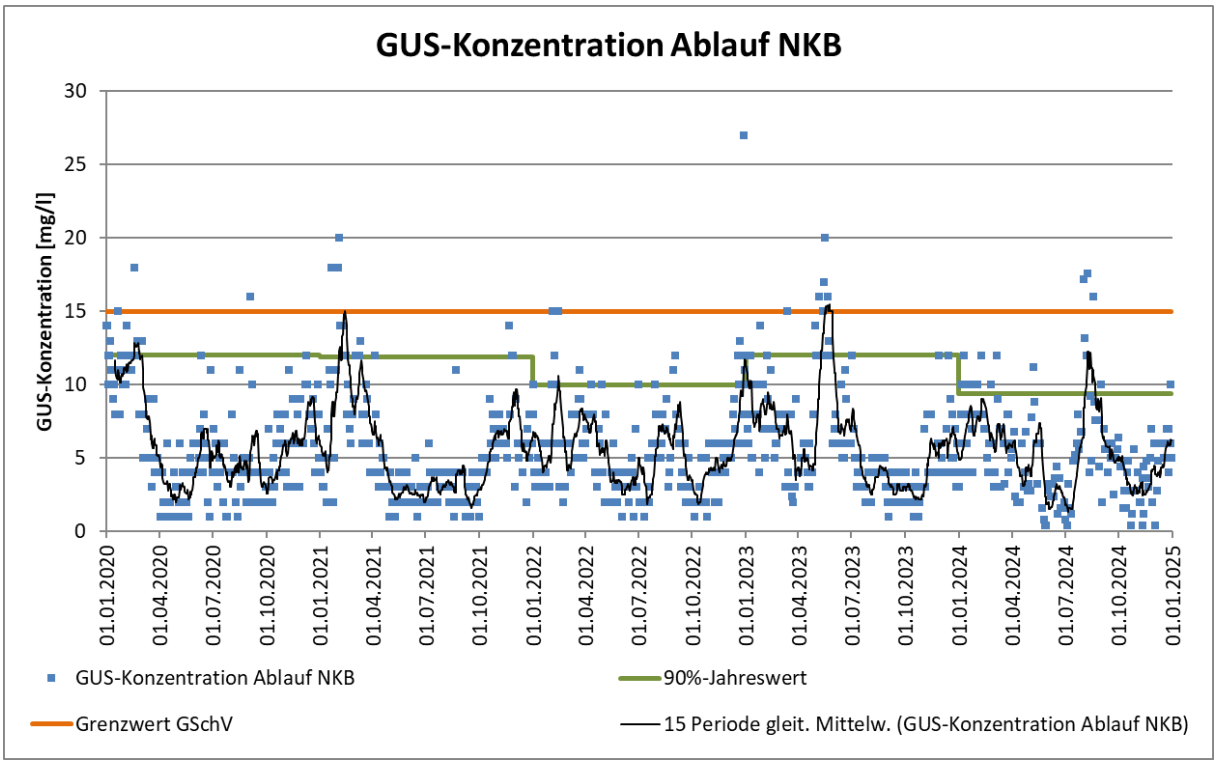

Ptot-Konzentration Ablauf NKB
Ptot-Konzentration [mg/l]
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
01.01.2020
01.04.2020
01.07.2020
01.10.2020
01.01.2021
01.04.2021
01.07.2021
01.10.2021
01.01.2022
01.04.2022
01.07.2022
01.10.2022
01.01.2023
01.04.2023
01.07.2023
01.10.2023
01.01.2024
01.04.2024
01.07.2024
01.10.2024
01.01.2025
Ptot-Konzentration Ablauf NKB
90%-Jahreswert
Grenzwert GSchV
15 Periode gleit. Mittelw. (Ptot-Konzentration Ablauf NKB)


NH4-N-Fracht Zulauf VKB
NH4-N-Fracht [kg/d]
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
01.01.2020
01.04.2020
01.07.2020
01.10.2020
01.01.2021
01.04.2021
01.07.2021
01.10.2021
01.01.2022
01.04.2022
01.07.2022
01.10.2022
01.01.2023
01.04.2023
01.07.2023
01.10.2023
01.01.2024
01.04.2024
01.07.2024
01.10.2024
01.01.2025
NH4-N-Frachten Zulauf VKB
Jahresmittelwert
90%-Jahreswert
15 Periode gleit. Mittelw. (NH4-N-Frachten Zulauf VKB)


NH4-N-Konzentration Ablauf NKB
NH4-N-Konzentration [mg/l]
35
30
25
20
15
10
5
0
01.01.2020
01.04.2020
01.07.2020
01.10.2020
01.01.2021
01.04.2021
01.07.2021
01.10.2021
01.01.2022
01.04.2022
01.07.2022
01.10.2022
01.01.2023
01.04.2023
01.07.2023
01.10.2023
01.01.2024
01.04.2024
01.07.2024
01.10.2024
01.01.2025
NH4-N-Konzentration Ablauf NKB
90%-Jahreswert
Grenzwert GSchV
15 Periode gleit. Mittelw. (NH4-N-Konzentration Ablauf NKB)


NO3-N-Konzentration Ablauf NKB
NO3-N-Konzentration [mg/l]
60
50
40
30
20
10
0
01.01.2020
01.04.2020
01.07.2020
01.10.2020
01.01.2021
01.04.2021
01.07.2021
01.10.2021
01.01.2022
01.04.2022
01.07.2022
01.10.2022
01.01.2023
01.04.2023
01.07.2023
01.10.2023
01.01.2024
01.04.2024
01.07.2024
01.10.2024
01.01.2025
NO3-N-Konzentration Ablauf NKB
90%-Jahreswert
15 Periode gleit. Mittelw. (NO3-N-Konzentration Ablauf NKB)


NO2-N-Konzentration Ablauf NKB
NO2-N-Konzentration [mg/l]
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
01.01.2020
01.04.2020
01.07.2020
01.10.2020
01.01.2021
01.04.2021
01.07.2021
01.10.2021
01.01.2022
01.04.2022
01.07.2022
01.10.2022
01.01.2023
01.04.2023
01.07.2023
01.10.2023
01.01.2024
01.04.2024
01.07.2024
01.10.2024
01.01.2025
NO2-N-Konzentration Ablauf NKB
90%-Jahreswert
Richtwert GSchV
15 Periode gleit. Mittelw. (NO2-N-Konzentration Ablauf NKB)


GUS-Konzentration Ablauf NKB
GUS-Konzentration [mg/l]
30
25
20
15
10
5
0
01.01.2020
01.04.2020
01.07.2020
01.10.2020
01.01.2021
01.04.2021
01.07.2021
01.10.2021
01.01.2022
01.04.2022
01.07.2022
01.10.2022
01.01.2023
01.04.2023
01.07.2023
01.10.2023
01.01.2024
01.04.2024
01.07.2024
01.10.2024
01.01.2025
GUS-Konzentration Ablauf NKB
90%-Jahreswert
Grenzwert GSchV
15 Periode gleit. Mittelw. (GUS-Konzentration Ablauf NKB)

ANHANG 3

ABBAUGRAD FAULUNG

Parameter	Einheit	Formel	Zahlen ARA	Kennwerte Literatur
ARA				
Einwohnerwerte	EW		7’700	
CSB-Zulauffrachten	kg/d		923	
Überschussschlamm (ÜS)				
Menge $Q_{ÜS}$	m^3/d		57	
$TS_{ÜS}$	%		0.7	
$GV_{ÜS}$	%		68.5	
TS-Fracht $FTS_{ÜS}$	kg TS/d	$(TS_{ÜS} / 100) \times Q_{ÜS} \times 1'000$	385	
oTS-Fracht $FoTS_{ÜS}$	kg oTS/d	$FTS_{ÜS} \times (GV_{ÜS} / 100)$	263	
Spezifischer Anfall	g TS/(EW*d)	$FTS_{ÜS} \times 1'000 / EW$	50	35 - 48
Primärschlamm (PS)				
GV_{PS}	%	$100 \times FoTS_{PS} / FTS_{PS}$	105.3	
TS-Fracht FTS_{PS}	kg TS/d	$FTS_{FSR} - FTS_{ÜS}$	132	
oTS-Fracht $FoTS_{PS}$	kg oTS/d	$FoTS_{FSR} - FoTS_{ÜS}$	139	
Spezifischer Anfall	g TS/(EW*d)	$FTS_{PS} \times 1000 / EW$	17.2	38 - 42
Frischschlamm roh (FSR)				
Menge Q_{FSR}	m^3/d		22	
TS_{FSR}	%		2.3	
	%		78	
TS-Fracht FTS_{FSR}	kg TS/d	$(TS_{FSR} / 100) \times Q_{FSR} \times 1'000$	517	
oTS-Fracht $FoTS_{FSR}$	kg oTS/d	$FTS_{FSR} \times (GV_{FSR} / 100)$	403	
Spezifischer Anfall	g TS/(EW*d)	$FTS_{FSR} \times 1'000 / EW$	67.1	73 - 90
Frischschlammeindickung				
Filtratmenge	m^3/d	$Q_{FSR} - Q_{FSE}$	15	
Frischschlamm eingedickt (FSE)				
Menge Q_{FSE}	m^3/d		7	
TS_{FSE}	%		8.1	
GV_{FSE}	%		78	
TS-Fracht FTS_{FSE}	kg TS/d	$(TS_{FSE} / 100) \times Q_{FSE} \times 1'000$	607	
oTS-Fracht $FoTS_{FSE}$	kg oTS/d	$FTS_{FSE} \times (GV_{FSE} / 100)$	473	
Spezifischer Anfall	g TS/(EW*d)	$FTS_{FSE} \times 1'000 / EW$	78.8	
Co-Substrat (Molke)				
Menge Q_{CO}	m^3/d		0.2	
TS_{CO}	%		5.8	
GV_{CO}	%		89.3	
TS-Fracht FTS_{CO}	kg TS/d	$(TS_{CO} / 100) \times Q_{CO} \times 1'000$	9	
oTS-Fracht $FoTS_{CO}$	kg oTS/d	$FTS_{CO} \times (GV_{CO} / 100)$	8	
Rohschlamm (RS)				
Menge Q_{RS}	m^3/d	$Q_{FSE} + Q_{CO}$	8	
TS_{RS}	%	$100 / (Q_{RS} \times 1'000) \times FTS_{RS}$	8.1	
GV_{RS}	%	$100 / FTS_{RS} \times FoTS_{RS}$	78.0	
TS-Fracht FTS_{RS}	kg TS/d	$FTS_{FSE} + FTS_{CO}$	616	
oTS-Fracht $FoTS_{RS}$	kg oTS/d	$FoTS_{FSE} + FoTS_{CO}$	481	

Faulung				
Reaktorgrösse V	m^3		1’165	
Temperatur T	C°		37.6	35 - 37
Umwälzung - Rührwerk U_R	m^3/h		27	
Umwälzung - Heizkreislauf U_H	m^3/h		27	
Umwälzung	x pro Tag	$(U_R + U_H)*24 / V$	1.1	
Faulzeit	d	V / Q_{RS}	152.4	25 - 30
Raumbelastung	kg oTS/(m^3*d)	$FoTS_{RS} / V$	0.4	2 - 3
Abbaugrad oTS	%	$(1-FoTS_{RS} / FoTS_{FS}) \times 100$	65.5	43 - 51
Faulschlamm (FS)				
Menge Q_{FS}	m^3/d		9	
TS_{FS}	%		3.2	
GV_{FS}	%		56.7	
TS-Fracht FTS_{FS}	kg TS/d	$(TS_{FS}/ 100) \times Q_{FS} \times 1'000$	292	
oTS-Fracht $FoTS_{FS}$	kg oTS/d	$FTS_{FS} \times (GV_{FS} / 100)$	166	
Spezifischer Anfall	g TS/(EW*d)	$FTS_{FS} \times 1'000 / EW$	37.9	
Abbaugrad oTS (FRS zu FS)	%	$(1-FoTS_{FS} / FoTS_{FRS}) \times 100$	58.9	min 50%
Faulschlammentwässerung				
Abscheidegrad	%	$100 / FTS_{FS} \times FTS_{DS}$	100.0	
Filtratmenge Q_F	m^3/d	$Q_{FS}- Q_{DS}$	0	
Rückgeführte TS-Fracht	kg TS/d	$FTS_{FS} - FTS_{DS}$	0	
NH4-Konzentration (Filtrat) C_{NH4}	mg/l		1’562	
Rückgeführte NH4-Fracht	kg/d	$C_{NH4} \times Q_F / 1'000$	0	
Dickschlamm (DS) Faulschlamm eingedickt				
Menge Q_{DS}	m^3/d		9.1	
TS_{DS}	%		3.2	
GV_{DS}	%		58.7	
TS-Fracht FTS_{DS}	kg TS/d	$(TS_{DS}/ 100) \times Q_{DS} \times 1'000$	292	
oTS-Fracht $FoTS_{DS}$	kg oTS/d	$FTS_{DS} \times (GV_{DS} / 100)$	171	
Klärgas				
Menge Q_{gas}	Nm^3/d		238	
Gasproduktion P_{Gas}	$l/kg\ oTS_{zu}$	$Q_{gas} \times 1'000 / FoTS_{RS}$	495	380 - 470
	l/(EW*d)	$Q_{gas} \times 1000 / EW$	31	19 - 29
Methangehalt G_{CH4}	%		62.0	
Unterer Heizwert H_u	kWh/Nm^3	$G_{CH4} / 10$	6.2	
Energiegehalt E_{gas}	kWh/d	$H_u \times Q_{gas}$	1’476	
	kWh/a	$H_u \times Q_{gas} \times 365$	538’594	
BHKW				
Wirkungsgrad elektrisch η_{el}	%		28.8	
Wirkungsgrad thermisch η_{th}	%		45.3	
Stromproduktion	kWh/d	Egas x η_{el} / 100	425	
	kWh/a	Egas x η_{el} x 365 /100	155’000	
Wärmeproduktion	kWh/d	Egas x η_{th} / 100	669	
	kWh/a	Egas x η_{th} x 365 / 100	244’090	

ANHANG 4

VERGLEICH AUSLEGUNGSDATEN

ARA Engelberg - Vergleich mit Auslegungsdaten

Spitzenbelastung:	Belastung, die pro Jahr nicht mehr als an 20-30 Tagen überschritten wird → Ca. 90%-Wert
Aktuelle Belastung:	Gemäss Betriebsdaten 2024
Auslegung ARA:	Die Biologie und die Schlammbehandlung der ARA wurden auf die Spitzenbelastung (90%-Wert) ausgelegt
Prognose 2035:	Hochrechnung der aktuellen Belastung mit Zunahme der vergangenen (seit 2007)

Generell

Parameter	Aktuelle Belastung (Gemäss CSB-Fracht 2024)		Auslegung ARA		Prognose 2035	
	Mittel	Spitze	Mittel	Spitze	Mittel	Spitze
EW	7'656	11'374	7'600	15'000	7'400	11'400

Abwassermenge

Max. Abwassermenge Auslegung	160 l/s	(C-Abbau)
Max. Abwassermenge Heute	115 l/s	(C-Abbau und Nitrifikation)

Frachten

Im Zulauf der ARA (Rohabwasser)

Parameter [kg/d]	Aktuelle Belastung (Betriebsdaten 2024)		Auslegung ARA		Prognose 2035		Spezifischer EW [g/EW x d]
	Mittel	Spitze, 85%	Mittel	Spitze	Mittel	Spitze	
BSB_5	-	-	456	900	444	684	60
CSB	923	1'205	912	1'800	888	1'368	120
P_{tot}	13	17	14	27	13	21	1.8
NH_4-N	51	70	61	120	59	91	8

Im Zulauf der Biologie

Parameter [kg/d]	Aktuelle Belastung (Betriebsdaten 2024)*		Auslegung ARA		Prognose 2035		Spezifischer EW [g/EW x d]
	Mittel	Spitze, 85%	Mittel	Spitze	Mittel	Spitze	
CSB	-	-	608	1'200	592	912	80
P_{tot}	-	-	12	24	12	18	1.6
NH_4-N**	-	-	61	120	59	91	8

* Keine Probenahme im Zulauf der Biologie

** Ohne interne Rückläufe aus der Schlammentwässerung

Klärschlamm

Parameter	Aktueller Klärschlammanfall (Betriebsdaten 2024)			
	Mittel		Spitze*	
	kg TS/d	m^3/d	kg TS/d	m^3/d
Frisch-, Rohschlamm (1.9% TS)	505	22	1'125	49
Dickschlamm (5.5% TS, eingedickt)	604	8	1'345	17
Faulschlamm (2.5% TS)	288	9	642	20
Faulschlamm (24.8% TS, entwässert)	267	0.9	595	2.1

* Abschätzung, ist aus den Betriebsdaten nicht ermittelbar

Parameter	Auslegung ARA				Spezifischer EW [g TS/EW x d]
	Mittel		Spitze		
	kg TS/d	m^3/d	kg TS/d	m^3/d	
Frisch-, Rohschlamm (2.1% TS)	608	26	1'200	52	80
Dickschlamm (6.4% TS, eingedickt)	608	8	1'200	15	
Faulschlamm (3.1% TS)	403	13	795	25	53
Faulschlamm (28.3% TS, entwässert)	403	1.4	795	2.8	

Parameter	Prognose 2035				Spezifischer EW [g TS/EW x d]
	Mittel		Spitze		
	kg TS/d	m^3/d	kg TS/d	m^3/d	
Frisch-, Rohschlamm (2.1% TS)	488	21	752	33	66
Dickschlamm (6.4% TS, eingedickt)	488	6	752	9	
Faulschlamm (3.1% TS)	279	9	430	14	38
Faulschlamm (28.3% TS, entwässert)	279	1.0	430	1.5	

Klärgas

Parameter [Nm^3/d]	Aktueller Klärgasanfall (Betriebsdaten 2024)		Auslegung ARA		Prognose 2035		Spezifischer EW für Prognose 2035 [l/EW x d]
	Mittel	Spitze	Mittel	Spitze	Mittel	Spitze	
Klärgas	238	305	205	405	214	330	29

Fazit

Gemäss aktueller Hochrechnung sollte die Kapazität der bestehenden Biologie und der Schlammstrasse bis 2035 ausreichen.

ENGELBERG
EINWOHNERGEMEINDE
ARA ENGELBERG

ANHANG 5

WASSERANALYSEN ENGELBERGER AA 2024

Wasseranalysen Engelbergeraa + Erlenbach: Jahr 2024

Proben Laburk (alle 4 Jahre: Dauerüberwachung Fliessgewässer der Urkantone (Düfur) >>Probenauswertung: Labor der Urkantone (Laburk)

	NO4-N	NO3-N	NO2-N	G-P	DOC
Koordinaten: 2'672'960 / 1'185'730	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
13.02.2023: Erlenbach (Pumpwerk Birren)	<0.016	0.420	0.0009	<0.002	0.200
08.05.2023: Erlenbach (Pumpwerk Birren)	<0.016	0.460	0.0009	<0.002	0.300
16.08.2023: Erlenbach (Pumpwerk Birren)	<0.016	0.410	<0.0006	0.002	0.200
06.11.2023: Erlenbach (Pumpwerk Birren)	<0.016	0.420	0.0014	0.002	0.300

	NO4-N	NO3-N	NO2-N	G-P	DOC
Koordinaten: 2'672'365 / 1'185"853	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
13.02.2023: Schwybogenbrücke	<0.016	0.390	0.0012	0.005	0.200
08.05.2023: Schwybogenbrücke	<0.016	0.350	0.0012	0.023	0.400
16.08.2023: Schwybogenbrücke	<0.016	0.210	0.0008	0.005	0.300
06.11.2023: Schwybogenbrücke	<0.016	0.330	0.0014	0.003	0.600

	NO4-N	NO3-N	NO2-N	G-P	DOC
Koordinaten: 2'671'080/ 1'188'060	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
13.02.2023: Arnibrücke (Obermatt)	<0.016	1.690	0.0070	0.019	0.200
08.05.2023: Arnibrücke (Obermatt)	<0.016	0.400	0.0018	0.057	0.600
16.08.2023: Arnibrücke (Obermatt)	<0.016	0.970	0.0024	0.011	0.500
06.11.2023: Arnibrücke (Obermatt)	<0.016	0.700	0.0015	0.010	0.050

Bemerkungen	
<	tiefer als Minimumwert des Messgerät der ARA
1	Sehr wenig Wasser in Engelbergeraa von Eugenisee
2	Wenig Wasser in Engelbergeraa von Eugenisee
3	Normal Wasser in Engelbergeraa vm Eugenisee

				ARA: Ablauf Nachklärung					**Probe 1:** Einlauf E'bergeraa				**Probe 2:** Tonisbalm				**Probe 3:** Arnibrügg			
				Temp	NH_4-N	NO_3-N	NO_2-N	G-P	NH_4-N	NO_3-N	NO_2-N	G-P	NH_4-N	NO_3-N	NO_2-N	G-P	NH_4-N	NO_3-N	NO_2-N	G-P
				Ablauf	Ammonium	Nitrat	Nitrit	Phosphor	Ammonium	Nitrat	Nitrit	Phosphor	Ammonium	Nitrat	Nitrit	Phosphor	Ammonium	Nitrat	Nitrit	Phosphor
	Küvettentest: Messmethode von ARA				0.04 - 2.3	0.3 - 22	0.003 - 0.46	0.01 - 1.5	0.04 - 2.3	0.3 - 22	0.003 - 0.46	0.01 - 1.5	0.04 - 2.3	0.3 - 22	0.003 - 0.46	0.01 - 1.5	0.04 - 2.3	0.3 - 22	0.003 - 0.46	0.01 - 1.5
	Küvettentest: Spezielle Messemethode ab 25.06.15								0.01 - 2.5		0.02 - 1		0.01 - 2.5		0.02 - 1		0.01 - 2.5		0.02 - 1	
	Datum	Zeit	Wetter																	
1	31.01.24	8.30 h	schön	7.6	0.28	14.10	0.063	0.333	0.03	2.38	0.005	0.076	0.02	1.87	0.004	0.047	0.01	0.94	0.003	0.018
2	22.02.24	15.00 h	trocken	8.1	0.12	10.90	0.048	0.415	0.02	4.81	0.015	0.020	0.02	4.18	0.012	0.141	0.01	0.87	0.002	0.110
1	14.03.24	14.30 h	trocken	7.2	0.04	11.90	0.026	0.299	0.01	4.05	0.008	0.050	0.01	3.41	0.006	0.065	0.01	0.87	0.003	0.022
2	24.07.24	16.00 h	trocken	11.8	0.09	10.10	0.095	0.262	0.01	0.33	0.001	0.043	0.02	0.00	0.000	0.023	0.01	0.02	0.000	0.014
1	20.09.24	10.00 h	schön	10.9	0.08	15.60	0.066	0.211	0.01	4.59	0.009	0.088	0.01	3.51	0.005	0.086	0.01	1.02	0.003	0.033

Beurteilung gemäss BAFU, Bericht "Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer", Bern, 2010

Bewertung	NH_4-N, T > 10 ºC	NH_4-N, T < 10 ºC	NO_2-N	NO_3-N	G-P
sehr gut	0 - < 0.04	0 - < 0.08	0 - < 0.01	0 - < 1.5	0 - < 0.04
gut	0.04 - < 0.2	0.08 - < 0.4	0.01 - < 0.02	1.5 - < 5.6	0.04 - < 0.07
mässig	0.2 - < 0.3	0.4 - < 0.6	0.02 - < 0.03	5.6 - < 8.4	0.07 - < 0.10
unbefriedigend	0.3 - < 0.4	0.6 - < 0.8	0.03 - < 0.04	8.4 - < 11.2	0.10 - < 0.14
schlecht	0.4 -	0.8 -	0.04 -	11.2 -	0.14 -
GSchV	2.0	kein Wert	0.3	kein Wert	0.8