



ARA Schachen, Wolfhausen
Kanton Zürich

Beurteilung der Jahresdaten 2024

Technischer Bericht

Objekt Nr. 8400.10
Zürich, 13. Juni 2025

HUNZIKERBETATECH

EINFACH.
MEHR.
IDEEN.



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Grundlagen	3
3	Belastung und Auslastung der ARA Schachen	4
3.1	Hydraulische Belastung der ARA Schachen	4
3.2	Biochemische Belastung der ARA Schachen	6
4	Ablaufqualität und Eliminationsgrad	13
5	Bemerkungen zum ARA Betrieb	17
6	Zusammenfassung	23



1 Einleitung

Die ARA Schachen in Wolfhausen wurde von 2002 bis Ende 2004 saniert und erweitert. Die Anlage wurde auf ein Schlammalter von 10 Tagen für 5'000 EW ausgebaut und mit einer Filtration sowie Denitrifikationsstufe ergänzt.

Seit 2009 erfolgt eine jährliche Beurteilung der Betriebsdaten mit folgenden Themen:

- Wie gross ist die aktuelle Be- und Auslastung der ARA Schachen
- Welche Reinigungsleistung wird erbracht bezüglich Ablaufqualität, Eliminationsgrad und Denitrifikationsleistung
- Allgemeine Aussagen zum ARA Betrieb wie Energieverbrauch und Betriebswerte der Biologie.

Im Bericht vom 20.07.2015 (Grundlagenpapier ARA Schachen, HBT) wurde u.a. die Reserve der ARA bezüglich hydraulischer Belastung genauer ermittelt. Dabei zeigte sich, dass die maximale hydraulische Belastung, die im Betriebsprotokoll erfasst wird, nicht dem effektiven Verlauf des Abwasseranfalls aus der Gemeinde entspricht, sondern durch Spitzen des Abwasserhebewerks überhöht ist. In der vorliegenden Auswertung der Betriebsdaten 2024 wird dieser Fakt – wie schon in den letzten Jahresberichten - berücksichtigt. Wie im Vorjahr wurden auch die Frischschlammengen zur Bestätigung der Belastung ausgewertet.

Die aus den Auswertungen abgeleiteten Massnahmen zur Betriebsoptimierung werden anhand der folgenden Skala priorisiert (Basis VSA-Wiki, Darstellung GEP):

Stufe	Priorität		Zeithorizont
●	0	Dringend	Aktuelles Jahr
●	1	Kurzfristig	Nächstes Jahr
●	2	Mittelfristig	Innerhalb 2-4 Jahren
●	3	Langfristig	Ab dem 5. Jahr
●	4	Keine Massnahmen	-
●	5	Nur bei Alleingang	Entscheid nach Urnengang (März 2026)

2 Grundlagen

Die Auswertung basiert auf den Betriebsdaten des Jahres 2024. Die Werte werden verglichen mit den Vorjahren, den Projektgrundlagen im Bauprojekt Oktober 2001 und den durch das AWEL formulierten Einleitbedingungen vom Juni 2002.

Die Methode der Datenauswertung wurde gegenüber den Vorjahren nicht verändert.

Gemäss der «Erhebung angeschlossene Einwohner» des BAFU waren im Jahr 2024 3'686 Einwohner an die ARA Schachen angeschlossen.

3 Belastung und Auslastung der ARA Schachen

3.1 Hydraulische Belastung der ARA Schachen

Die Abbildung 1 zeigt die Zulaufmenge zur ARA Schachen. Die höchsten Zulaufmengen wurden zwischen März und Juli gemessen (bis zu 3.6-mal höher als das Jahresmittel von 1968 m³/d). Wie **Abbildung 2** zeigt, ist dies hauptsächlich auf die hohen Niederschläge während dieser Periode zurückzuführen (ca. 30% des Jahresniederschlags).

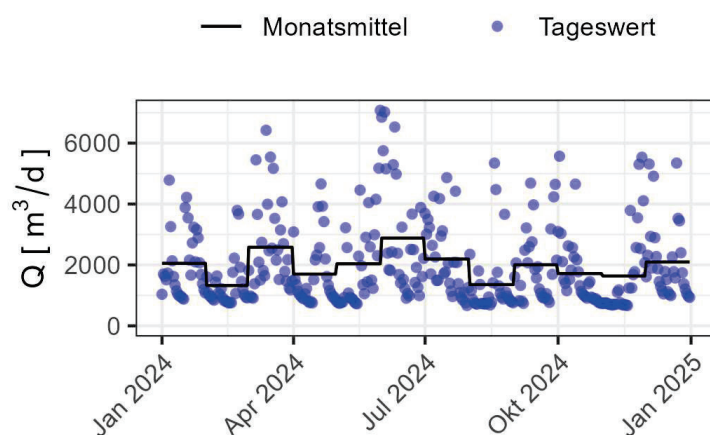


Abbildung 1. Abwassermenge ARA Wolfhausen 2024

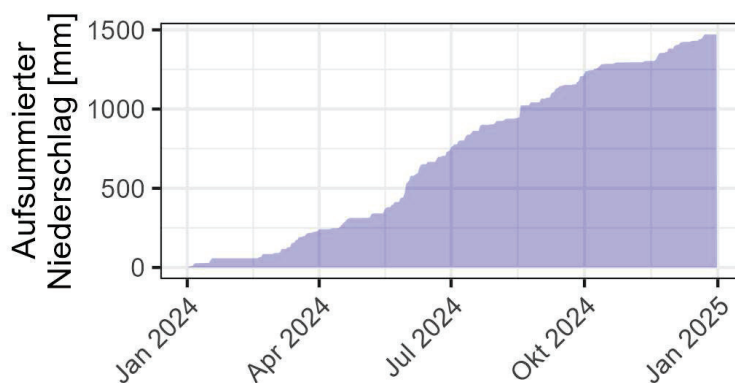


Abbildung 2. Kumulierte Niederschlagsmenge



Für die Bestimmung des Trockenwetterzuflusses wurden drei unterschiedliche Methoden verwendet (AWEL, DWA A198, VSA). Bei der **AWEL-Methode** wird der Zufluss als Trockenwetterzufluss definiert, wenn am jeweiligen Tag und den zwei vorangegangenen Tagen kein Niederschlag auf der ARA gemessen wurde. Bei der **DWA A198-Methode** wird aus den 10 Tagen vor dem betroffenen Tag, dem Tag selbst sowie den 10 Tagen danach der minimale Wert ermittelt. Liegt der Wert am betroffenen Tag höchstens 20% über diesem minimalen Wert, so gilt der Tag als Trockenwettertag. Bei der **VSA-Methode** wird ein Durchschnitt aus den 20% und 50% Quantilen aller Zulaufmengen berechnet. Die berechneten Werte für das Betriebsjahr 2024 sind im Vergleich zum Vorjahr angestiegen (Tabelle 1).

Der $Q_{\max}$ wird durch Spitzen aus dem Hebewerk überhöht, weshalb gemäss dem Grundlagenpapier von HBT (20. Juli 2015, Seite 3) das 85-Perzentil des Mittelwerts anstatt des Maximalwerts betrachtet wird. Dieser Wert blieb gegenüber 2023 unverändert bei 83 l/s.

Tabelle 1. Abwassermengen ARA Schachen. Hydraulische Belastung 2023 und 2024

Ablauf VKB		2023		2024	
Zulaufwerte	Auslegung	85%-Wert	Auslastung	85%-Wert	Auslastung
Abwassermenge bei TW (AWEL)	2'000 m ³ /d	916 m ³ /d	46%	1427 m ³ /d	71%
Maximale Abwassermenge bei TW (AWEL)	43 l/s	23 l/s	54%	36 l/s	84%
Maximale Abwassermenge bei TW (A 198)	43 l/s	21 l/s	48%	25 l/s	58%
Maximale Abwassermenge bei TW (VSA)	43 l/s	25 l/s	58%	30 l/s	70%
Maximal registrierte Abwassermenge ^[1]	86 l/s	83 ¹ l/s	97%	83 l/s	96%
$Q_{\max}$ (AWEL) ^[2]	86 l/s	46 l/s	54%	72 l/s	84%
Anzahl angeschlossene Einwohner ^[3]		3'686 E		3'686 E	

^[1] 85%-Wert des Q_{mittel} anstatt $Q_{\max}$, gemäss Grundlagenpapier HBT (20. Juli 2015)

^[2] $Q_{\max} = 2 \cdot Q_{\text{TW}}$

^[3] Ermittlung alle 2 Jahre

Die berechnete hydraulische Auslastung der Anlage bei Trockenwetter beträgt ca. 84%. (2023: 46%)

Massnahmen	Priorität
Überprüfung Hydraulik Da die Erfahrungen des Betriebs eine hohe hydraulische Belastung zeigen, wird empfohlen die Hydraulik der Anlage zu überprüfen.	●

3.2 Biochemische Belastung der ARA Schachen

Zur Ermittlung der biochemischen Belastung werden die Frachten im Ablauf der Vorklärung (VKB) ausgewertet und mit spezifischen Werten auf Einwohnergleichwerte (EW) nach DWA A-198 umgerechnet. Rohwasserwerte liegen keine vor. Die Beurteilung erfolgt anhand der vier Parameter Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Gesamtposphor (P_{tot}), Gesamtstickstoff (N_{tot}) und Ammonium-Stickstoff ($NH_4\text{-N}$) beurteilt. Wie Tabelle 2 zeigt, lag die Anlage im Jahr 2024 mit 108% bei der Auslastungsgrenze.

Tabelle 2: Betriebsdaten ARA Schachen 2024 Biologische Belastung (Ablauf VKB)

Anzahl angeschlossene Einwohner		3'686 E				
Zulaufwerte	85%-Wert	Spez. Wert	Anzahl EW	Auslegung	Auslastung	
CSB	521 kg/d	80 g/EW*d	6'509 EW	5'000 EW	130%	
P_{tot}	8 kg/d	1.6 g/EW*d	5'061 EW	5'000 EW	101%	
N_{tot}	55 kg/d	10.0 g/EW*d	5'490 EW	5'000 EW	110%	
$NH_4\text{-N}$	27 kg/d	6.0 g/EW*d	4'491 EW	5'000 EW	90%	
Mittelwert:			5'387 EW		108%	

Im Vergleich zu den Vorjahren ist die mittlere Belastung angestiegen (**Abbildung 3**, Tabelle 3). Der Anstieg erfolgte ungleichmässig stark über die vier Parameter. Während die Ammoniumbelastung leicht gefallen ist (-4%), wurde beim CSB ein Anstieg um 27% verzeichnet, beim Gesamtposphor um 30% und beim N_{tot} um 13%.

Während in der Zukunftsstudie darauf hingewiesen wurde (HBT und Holinger, 23.02.2022), dass die Kapazitätsgrenze bei einzelnen Parametern beinahe erreicht, respektive bereits überschritten ist, war es in den Jahren 2021 und 2022 zu keinen Überschreitungen mehr gekommen (**Abbildung 3**). Im Jahr 2023 wurde jedoch eine Trendumkehr festgestellt, welche sich im Jahr 2024 bestätigt hat – ausser beim Ammonium, wurde die Kapazitätsgrenze erreicht oder überschritten (**Abbildung 3**).

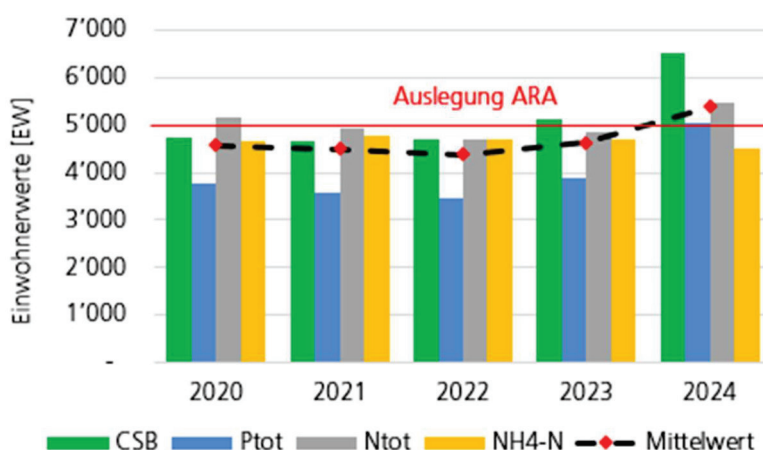


Abbildung 3. Vergleich Einwohnerwerte mit den Vorjahren und Auslegung ARA.



Tabelle 3. Biologische Belastung (85%-Werte) im Vergleich mit den Vorjahren

	Einwohnerwerte (EW)				
	2020	2021	2022	2023	2024
CSB	4'736	4'668	4'688	5'122	6509
P _{tot}	3'764	3'582	3'465	3'887	5061
N _{tot}	5'152	4'940	4'684	4'857	5490
NH ₄ -N	4'670	4'778	4'690	4'693	4491
Mittelwert	4'581	4'492	4'382	4'640	5388
Veränderung ggü. Vorjahr	-2.3%	-1.9%	-2.5%	+5.9%	+16%

Bei detaillierter Betrachtung der Daten war wie im Vorjahr auffällig, dass die Ammoniumbelastung ($\text{NH}_4\text{-N}$) gegenüber 2023 praktisch unverändert geblieben ist, und dass im Kontrast zu den übrigen Werten, kein positiver Zusammenhang zwischen höherem Zulauf und erhöhten Frachten bestand (**Abbildung 4**). Letztes Jahr wurde dieser Sachverhalt mit der Verdünnung des $\text{NH}_4\text{-N}$, bzw. auf eine künstliche Erhöhung der CSB-, P_{tot} - und N_{tot} -Werte erklärt, welche durch den erhöhten Abzug von Überschussschlamm verursacht wurde; letzterer wird zurück ins Vorklärbecken geführt, und verbleibt somit im System. Da im Gegensatz zum CSB, P_{tot} und N_{tot} das NH_4 zum grössten Teil zu Nitrat (NO_3) oder elementarem Stickstoff (N_2) umgewandelt wird (siehe Kapitel 0, Elimination ARA Schachen), ist deshalb eine Erhöhung der Frachten bei rückgeführtem Überschussschlamm in den CSB, P_{tot} und N_{tot} -Werten plausibel.

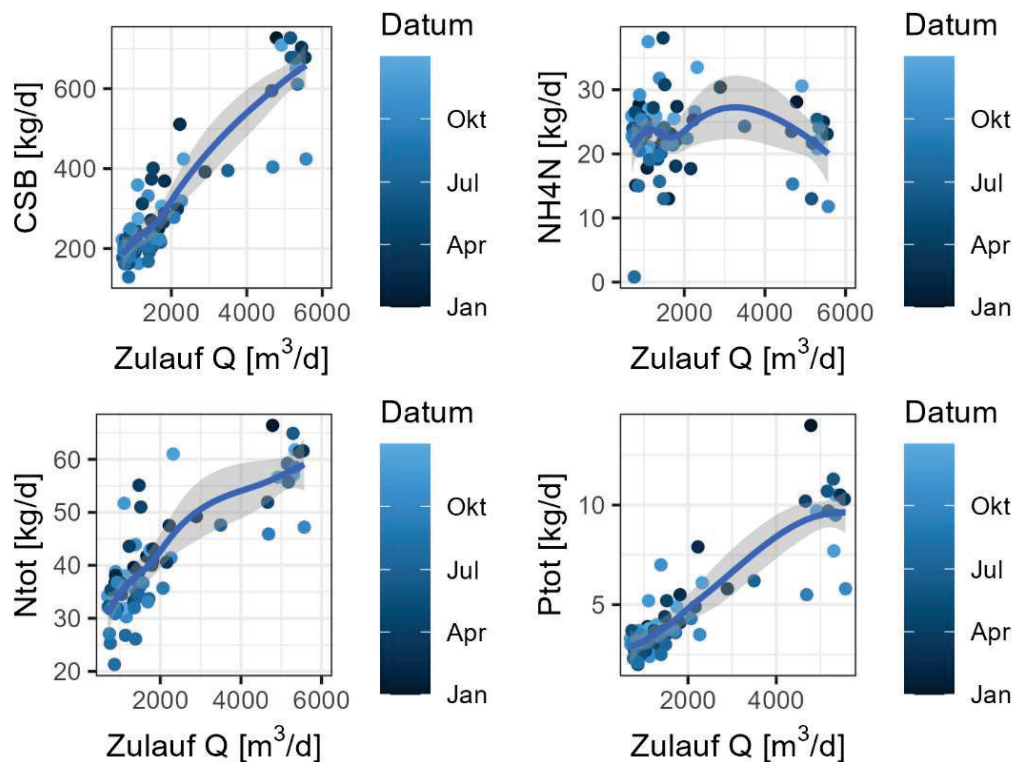


Abbildung 4. Frachten ab VKB in Abhängigkeit von der Zulaufmenge ARA.

Allerdings wurde im Jahr 2024 der Überschussschlamm gleichmässig abgezogen, was gegen den oben beschriebenen Sachverhalt spricht. Insbesondere war auch kein Zusammenhang zwischen hohen Zulaufmengen und erhöhtem Abzug von Überschussschlamm festzustellen (**Abbildung 5**).

Im vergangenen Jahr hatten die ungünstig hohen Zulaufmengen zusammen mit der schlechten Absetzung des Schlamms im NKB dazu geführt, dass die Nachklärbecken überlastet wurden (HBT Kurzbericht Grenzwertüberschreitungen Jahreswechsel 2023/2024 vom 11. Nov. 2024). Eine analoge Analyse für das gesamte Betriebsjahr 2024 hat allerdings keine Hinweise auf eine systematische Überlastung der NKB gefunden, ausser den Anzeichen für eine solche im Januar und November (**Abbildung 6**). Ein Zusammenhang zwischen der Überlastung der NKB und den erhöht aufgetretenen Frachten im Ablauf der Vorklärung, welche über das Jahr verteilt aufgetreten sind, war somit nicht ersichtlich (1x Januar, 2x März, 1x April, 1x Mai, 2x Juni, 1x August, 1x November, 2x Dezember).

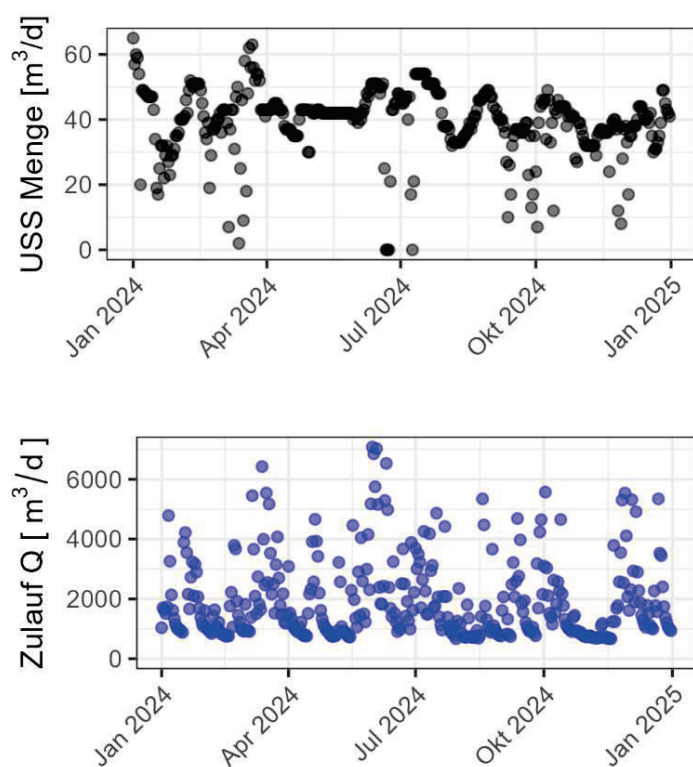


Abbildung 5. Menge an abgezogenem Überschussschlamm (USS) und Zulauf ARA über das Jahr 2024.

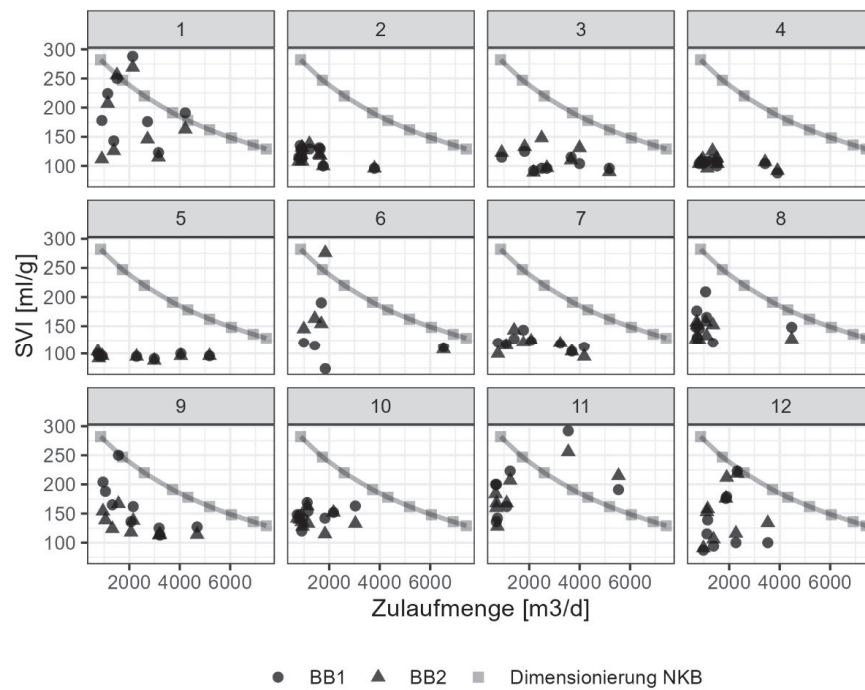


Abbildung 6. Zusammenhang zwischen Zulaufmenge und dem Schlammvolumenindex (SVI) beider Strassen über die Monate im Jahr 2024. Die graue Linie zeigt die Dimensionierung des Nachklärbeckens auf. Eine Häufung von Datenpunkten oberhalb der Dimensionierung weist auf eine Überlastung hin.

Was hingegen auffiel, war, dass Zeitpunkte hohen Zuflusses häufiger beprobt wurden, als dies aus der generellen Verteilung der Zuflüsse zu erwarten gewesen wäre (Abbildung 7). Insbesondere wurde an Tagen mit einem Zulauf von ca. 4600-5600 m³/d häufiger beprobt, und Tage mit tiefem Zufluss (ca. 600-1100) wurden verhältnismässig weniger häufig beprobt. Wegen dem Zusammenhang zwischen höherer Fracht bei höherem Zufluss (Abbildung 4) und der Verwendung des 85%-Quantils für die Auslegung und Beurteilung der ARA-Kapazitätsgrenze, hat die relative Betonung der Tage mit hohem Zulauf dazu geführt, dass das 85%-Quantil entsprechend erhöht ausgefallen ist. Wird beispielsweise der Median als Vergleichswert beigezogen, welcher weniger anfällig auf Extremwerte ist, so wäre im Jahr 2024 die CSB-Belastung gegenüber 2022 um 4% gesunken und gegenüber 2023 um 1% angestiegen.

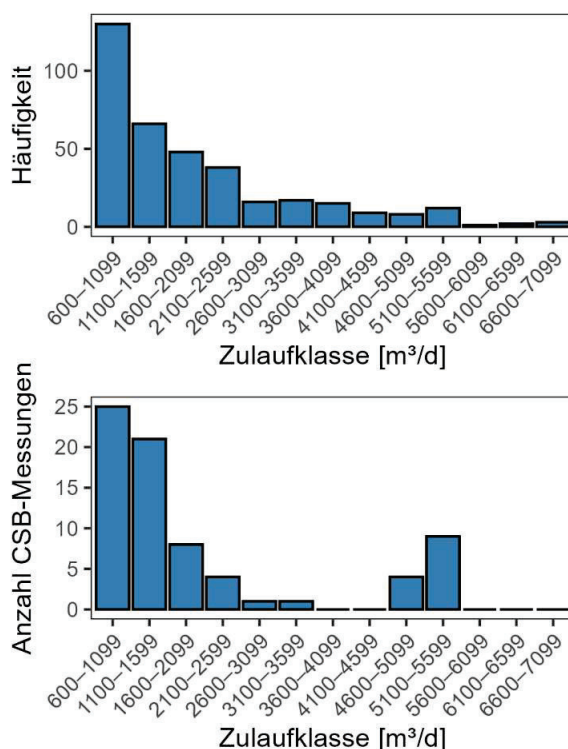


Abbildung 7. Häufigkeitsverteilung der ARA-Zulaufklassen (oben) und die Anzahl durchgeführter CSB-Messungen bei jeweiliger Zuflussklasse.

Wie beschrieben, besteht ein positiver Zusammenhang zwischen Regenereignissen (hoher Zulauf) und CSB-Frachten. Aufgrund der kürzeren Aufenthaltsdauer und damit verbundenen schlechterer Absetzung der Feststoffe, nimmt mit der zunehmenden hydraulischen Belastung der Anlage die Abscheideleistung der Vorklärung ab (vgl. DWA-A 131).

Unter Berücksichtigung dieses Effekts lassen sich anhand des Arbeitsblatts DWA-A 131 (2016) die theoretischen Frachten im Zulauf der Anlage berechnen. Die so ermittelten Frachten im Zulauf der ARA liegen auch bei Zuläufen über 2'000 m³/d (Dimensionierung) nur in Extremfällen über dem 85%-Wert der CSB-Zulauffrachten (**Abbildung 8**; graue Fläche). Dies deutet darauf hin, dass hauptsächlich die bei Regenereignissen kürzere Aufenthaltszeit im Vorklärbecken für hohe CSB-Frachten im Zulauf der Biologie verantwortlich ist.

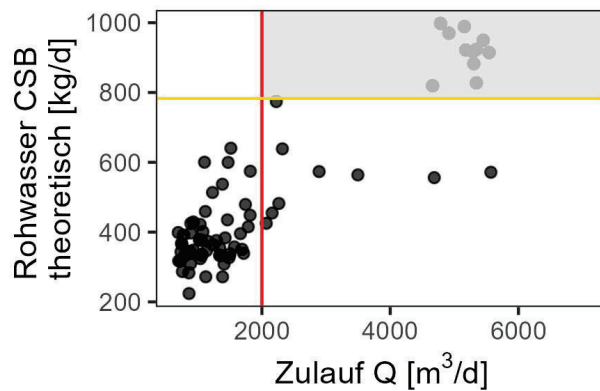


Abbildung 8. Theoretische CSB-Fracht im Zulauf ARA (berechnet nach DWA-A 131) in Abhängigkeit der Zulaufmenge (Q). Rot: Hydraulische Dimensionierung; gelb: 85% Wert der theoretischen CSB-Fracht.

Im Mittel der 85%-Quantile aller Messparameter, inklusive der Überhöhung durch Regenereignisse, ergibt sich eine Belastung von 5'387 EW. Aktuell sind 3'686 Einwohner angeschlossen. Da die Phosphorfracht auf der ARA Schachen bisher nicht massgeblich durch Industrieabwasser beeinflusst wurde und im Jahr 2024 über dem Bereich der angeschlossenen Einwohner lag (ca. 5060 EW), und die oben beschriebenen Gründe, welche die Berechnung der ARA Belastung verzerren, kann die Differenz von rund 1700 EW (hauptsächlich C, P und Nitrat) nicht gänzlich dem Gewerbe und der Industrie im Einzugsgebiet zugeschrieben werden.

Die Anlagenauslastung hinsichtlich der biologischen Belastung beträgt im Mittel aller Parameter ca. 108%, ein Anstieg von 16% gegenüber dem Vorjahr.

Einschub AWEL: Dimensionierungsfrachten

Da sich die einwohnerspezifischen Frachten in Tabelle 2 auf die Angaben im DWA Arbeitsblatt 198 beziehen, wurde auf Hinweis des AWEL (24.03.2022) wie im vergangenen Jahr zusätzlich ein Abgleich mit den Dimensionierungsfrachten des letzten Ausbaus der Anlage angestellt. Der Vergleich mit den Dimensionierungsfrachten aus den Einleitbedingungen der Baudirektion des Kantons Zürich vom Juni 2002 zeigt, dass noch ausreichend Kapazität vorhanden ist (Tabelle 4). Dafür sprechen auch die weiterhin weitgehend guten Ablaufwerte und die hohe Reinigungsleistung der ARA Schachen (Kapitel 0). Dementsprechend sollte die Kapazität der Anlage anhand der vorhandenen Beckenvolumen überprüft werden.

Tabelle 4: Auslastung ARA Schachen mit Bemessungsfrachten (Verfügung Baudirektion Kt. Zürich vom 4. Juni 2002)

	Bemessungsfracht VKB 2002	85% Wert gemessen 2023	Auslastung
CSB	550 kg/d	520 kg/d	94.6 %
P _{tot}	12 kg/d	8.36 kg/d	69.7 %
NH4-N	44 kg/d	27 kg/d	61.4 %



Massnahmen	Priorität
Probenahme Ablauf VKB Für eine möglichst repräsentative Bewertung der Belastung der ARA soll die Verteilung der Probenahmen in Bezug auf die Zulaufmengen weiterhin beobachtet werden, um eine möglichst unverzerrte Auswertung zu gewährleisten.	●
Überprüfung Dimensionierungsfrachten Der Vergleich mit den Dimensionierungsfrachten aus den Einleitbedingungen der Baudirektion des Kantons Zürich vom Juni 2002 zeigt, dass noch ausreichend biochemische Kapazität vorhanden ist. Die Kapazität der Anlage sollte anhand der vorhandenen Beckenvolumen überprüft werden.	●

4 Ablaufqualität und Eliminationsgrad

Die Ablaufwerte der ARA Schachen im Jahr 2024 wurden zusammengefasst und mit den gesetzlichen Anforderungen verglichen (Tabelle 5). Die maximal erlaubte Anzahl an Überschreitungen des Grenzwerts konnte bei allen Parametern eingehalten werden, mit Ausnahme des Ammoniums.

Tabelle 5. Vergleich gesetzliche Anforderungen und Ablaufwerte 2024

	Gesetzl. Forderung *1	90% - Wert *2		Anzahl Überschreitungen	Anzahl erlaubter Überschreitungen	Gesetzl. Forderung *1	Elimination (Mittelwert)
CSB	60	13 mg/l		0	7	80%	94%
NH ₄ -N *3	2.0	2.00 mg/l		9	7	90%	93%
NO ₂ -N	0.3 *4	0.08 mg/l		0	-	n.a.	-
NO ₃ -N *6	-	6.03 mg/l		nicht anwendbar		n.a.	n.a.
Summe N *5	-	8.12 mg/l		nicht anwendbar		n.a.	n.a.
N _{tot}	-	16.5 mg/l		nicht anwendbar		n.a.	66%
P _{tot}	0.2	0.09 mg/l		0	7	80%	99%
GUS	5	1.52 mg/l		0	7	nicht anwendbar	

*1 Verschärfte Einleitbedingungen des Kantons, auf der Grundlage der Eidg. Gewässerschutzverordnung vom 28.10.1998 (SR 814.201, Anhang 3), Eliminationsleistung bezogen auf Rohabwasser

*2 Bei einer statistischen Auswertung, entspricht der 90%-Wert, in etwa der gesetzlichen Forderung.

Es wurden alle Werte berücksichtigt, auch bei Abwassertemperaturen von < 10°C.

*3 Nur einzuhalten bei einer Abwassertemperatur von mehr als 10°C.

*4 Richtwert

*5 Summe N = NH₄-N + NO₂-N + NO₃-N

*6 2021 nur 2 Messungen NO₃-N im Ablauf VKB & 3 Messungen NO₃-N Ablauf Filtration

Die mittlere Stickstoffelimination (N_{tot}, keine Anforderung) ist durch den Betrieb der Anox- Bivalentzone mit 66% gut und schwankt über das Jahr betrachtet zwischen 48 – 81% (abzüglich obere und untere 10%; **Abbildung 8**). Aufgrund der parlamentarischen Motion 20.4261 «Reduktion der Stickstoffeinträge aus den Abwasserreinigungsanlagen» werden aktuell neue Anforderungen an die Stickstoffelimination erarbeitet. Es wird erwartet, dass die Anforderung künftig zwischen 70-85% liegen wird. Auf der ARA Schachen lag im Betriebsjahr 2024 die Elimination von Juli bis Ende Jahr über dem Jahresmittelwert. Dies entspricht den Erwartungen einer höheren Stickstoffelimination in den Sommermonaten.

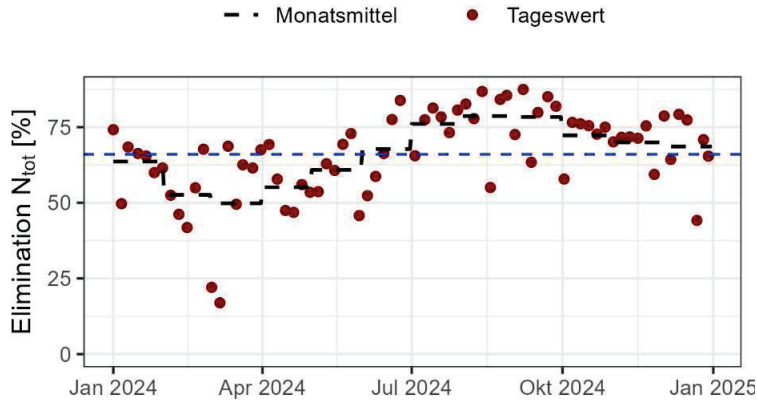


Abbildung 8. Elimination Gesamtstickstoff ARA Schachen 2024. Die blaue, gestrichelte Linie zeigt den Jahresmittelwert.

Das Volumen, welches für die Denitrifikation über das Jahr zur Verfügung gestellt wurde, blieb weitgehend unverändert (Abbildung 9). Die Belüftung der bivalenten Zone wurde im Januar und Juni ganz abgestellt, wobei zu den übrigen Zeitpunkten eine Umschaltung alle 5 min stattgefunden hat.

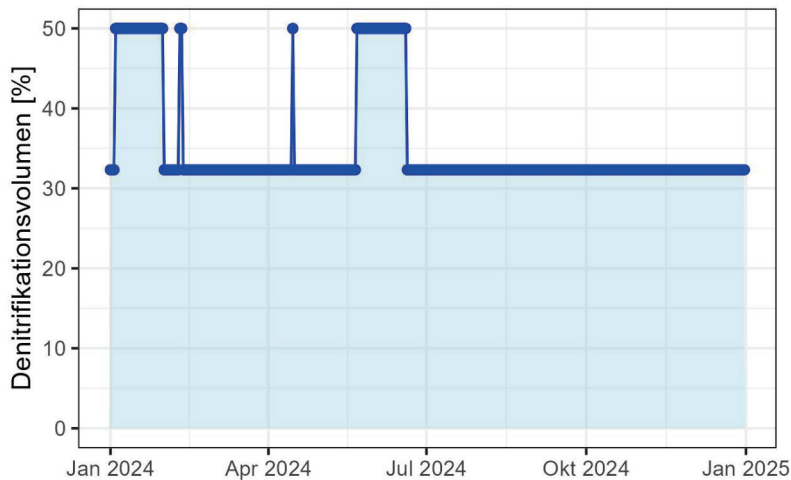


Abbildung 9. Anteil des Biologievolumens, welches im Jahr 2024 für Denitrifikation zur Verfügung stand.

Insgesamt wurden neun Überschreitungen des NH_4 -N-Grenzwerts aufgezeichnet (vgl. Abbildung 10), welche sich mit den im gleichen Zeitraum erhöhten Nitrit Konzentrationen im Ablauf decken (vgl. Abbildung 11). Aufgrund der Betriebsprobleme um den Jahreswechsel 2023/2024 wurde am 2. Februar 2024 Belebtschlamm von der ARA Weidli bezogen, um die Nitrifikation auf der ARA Schachen gezielt wieder anzuregen (Kurzbericht Grenzwertüberschreitungen, 11.12.2024).

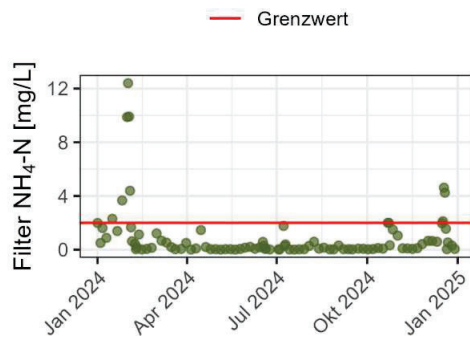


Abbildung 10. Ablaufkonzentration NH₄-N

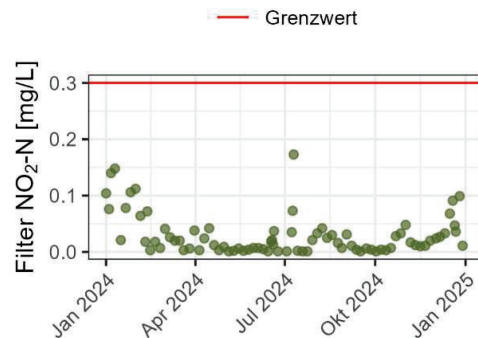


Abbildung 11 Ablaufkonzentration NO₂-N

Unter Bezug des berechneten aeroben Schlammalters (SA_{aer}) im Vergleich zum erforderlichen Schlammalter (gem. DWA-A 131, mit $PF = 2.1$) wurde ersichtlich, dass das aerobe Schlammalter zum Zeitpunkt der Übertretungen zu tief war (**Abbildung 12**). Dadurch war die Kapazität zur Nitrifikation am Jahresanfang, sowie gegen Ende Jahr ungenügend. Die Probleme im Frühjahr traten aufgrund des Verlustes der Nitrifikation im Jahr 2023 auf. Im August war das Schlammalter hingegen eher hoch. Die gefahrene TS-Konzentration blieb über das gesamte Jahr vergleichbar (Abbildung 13). Berechnet wurde das aerobe Schlammalter als:

$$SA_{aer} = V_{BB\ aer} \cdot TS_{BB} / Q_{UES} \cdot TS_{UES}$$

wobei $V_{BB\ aer}$ dem belüfteten Volumen der Biologie entspricht, welches dynamisch gerechnet wurde gemäss Daten der ARA bezüglich Belüftung der bivalenten Zone (ganzheitlich belüftet: 578 m³; bivalente Zone alle 5 min belüftet: 427 m³); TS ist die Trockensubstanz in der Biologie, beziehungsweise im Überschussschlamm (UES); Q_{UES} ist das geförderte Volumen an Überschussschlamm.

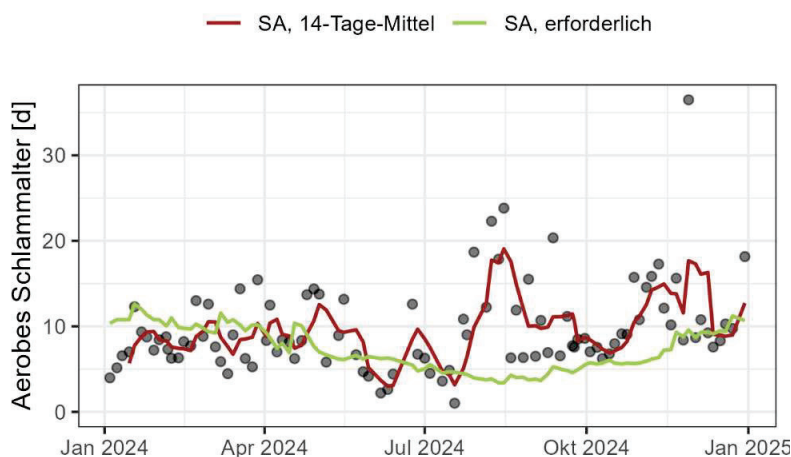


Abbildung 12: Vergleich des erforderlichen und des tatsächlichen aeroben Schlammalters

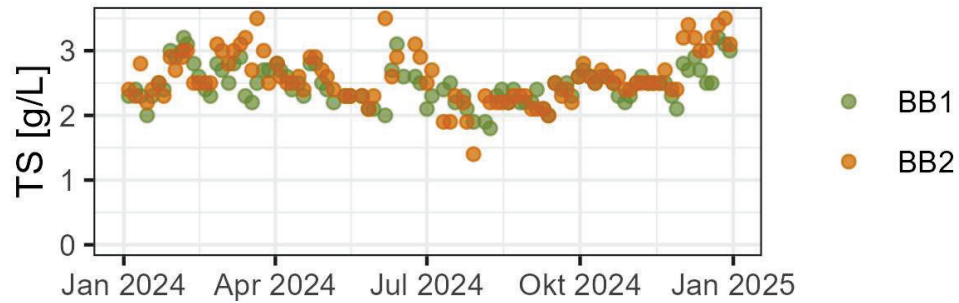


Abbildung 13: TS-Konzentration Belebungsbecken

Die Ablaufqualität und Eliminationsgrade sind gut und haben die Anforderungen, ausser beim Ammonium (9 Überschreitungen Grenzwert $\text{NH}_4\text{-N}$) erfüllt.

Massnahmen	Priorität
Optimierung des Schlammalters und Nitrifikation/Denitrifikation Das Schlammalter sollte im Winter angehoben werden (ausgedehntere Belüftung der bivalenten Zone), um genügend Kapazität zur Nitrifikation zu schaffen. Im Sommer hingegen sollte zu Gunsten einer höheren Stickstoffelimination, sowie weiterer Optimierung des Stromverbrauchs eine Senkung geprüft werden.	●



5 Bemerkungen zum ARA Betrieb

Schwimmschlamm

Der Schlammvolumenindex (SVI) lag 2024 im Jahresmittel über beide Strassen bei 137 ml/g (2023: 138 ml/g). Während allerdings im Vorjahr der SVI durch einen einzigen starken Anstieg ab Oktober geprägt wurde (und bis in den Januar 2024 hoch geblieben ist), war der SVI im Jahr 2024 schon ab Juli höher (**Abbildung 14**).

Der Betrieb setzt seit anfangs 2024 Schaefer Klarolit® (Kalk) für die Verbesserung der Schlammqualität in der Biologie ein. Gemäss Rückmeldung des Betriebs ist die mikrobiologische Zusammensetzung in der Biologie verbessert (Mikroskopierung), die Fadenbakterien blieben jedoch erhalten und es zeigt keinen positiven Effekt bzgl. SVI. Der Klarwasserabzug im Frischschlammschacht verbesserte sich jedoch.

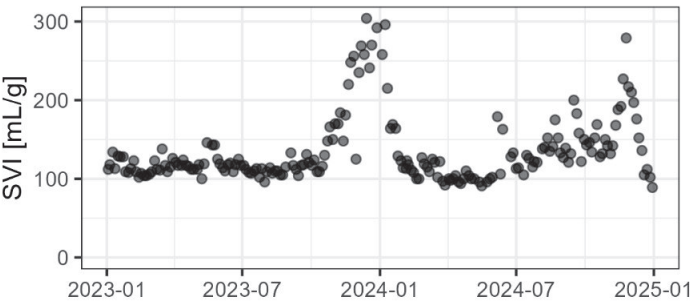


Abbildung 14. Schlammvolumenindex (SVI) Zweijahresverlauf.

Massnahmen	Priorität
Dosierung aluminiumhaltiges Fällmittel Die Betriebsprobleme bzgl. Schwimmschlamm (resp. Fadenbakterien) müssen frühzeitig durch den Betrieb behandelt werden. Die periodische Zugabe alle 28 Tage von Aluminium wird durch den Betrieb getestet. Falls die Betriebsprobleme anhalten (schwierig zu vorhersehenden SVI-Anstieg) wird die Dosierung von aluminiumhaltigem Fällmittel von ca. anfangs Oktober bis anfangs April empfohlen. Falls der Schwimmschlamm weiterhin ein Problem ist, kann als nächster Schritt ein Kombipräparat ganzjährig eingesetzt werden.	●
Schaefer Klarolit® Beobachtung der Zugabe des Klarolits. Prüfung des effektiven Einfluss auf die Biologie.	●

Frischschlammproduktion

Der Schlamm der ARA Schachen wird zur Behandlung zur ARA Weidli transportiert. Gegenüber dem Vorjahr wurde mit rund 97 tTS eine etwas höhere Menge an Frischschlamm entsorgt (+6.00%). Der organische Anteil, welcher für die Faulung auf der ARA Weidli entscheidend ist, hat hingegen um 5.69% abgenommen (Tabelle 6). Dies könnte mit dem hohen Niederschlag zusammenhängen, welcher typischerweise höhere anorganische Frachten verursacht. Höhere TR-Werte wurden in der regnerischen Periode von Mai bis August beobachtet (3.9%) als z.B. im in den Monaten davor (Januar bis April; 3.2%).

Tabelle 6. Auswertung Frischschlamm Entsorgung ARA Schachen 2024

	Einheit	2023	2024	Veränderung zu Vorjahr
Total entsorgt	[m³/a]	2669	2708	+1.46%
Total TS entsorgt	[t TS/a]	91.6	97.1	+6.00%
Total oTS entsorgt	[t oTS/a]	65	68.7	+5.69%
Tagesmittel TS entsorgt	[kg TS/d]	251	265	+5.58%

Eine Saisonalität in der Frischschlammproduktion wie sie auf anderen Anlagen deutlich zu beobachten ist, zeigt sich auf der ARA Schachen nur in geringem Masse (Abbildung 15).

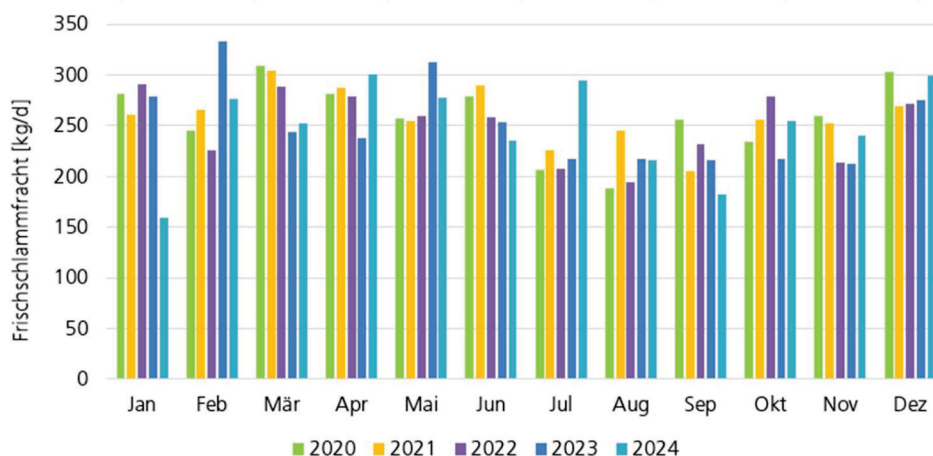


Abbildung 15. Monatliche, durchschnittliche Frischschlammfracht der ARA Schachen im Jahresvergleich.



Betrieb Filtration

Wie in den Vorjahren wurden die Daten der Durchflussmessung im Zulauf und diejenigen der Messung im Ablauf der Filtration verglichen, um die Volumenstrommessungen zu verifizieren. Im Mittel und über den gesamten Messbereich war die Übereinstimmung nahezu perfekt ($R^2 = 0.99$; Abbildung 16). Im Vergleich zum Vorjahr ($R^2 = 0.97$) hat sich die Übereinstimmung verbessert. Bei den höchsten Zuläufen gibt es mehr Entlastungen vor der Filtration.

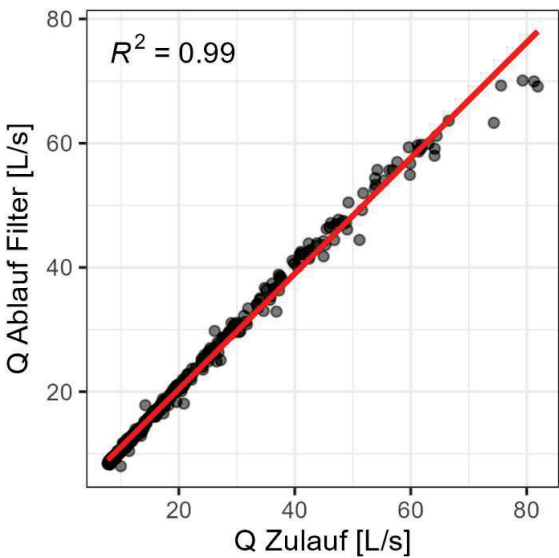


Abbildung 16. Korrelation Zulaufmenge Hebewerk und Abwassermenge über Filtration

Massnahmen	Priorität
Keine.	●

Beurteilung Energie

Die Berechnung des spezifischen **Energiebedarfs** wurde gemäss VSA (Energie in ARA) mit der mittleren CSB-Belastung berechnet (Tabelle 7). Gegenüber dem Vorjahr (2023: 48.3 kWh/E*a) ist der spezifische Energieverbrauch um 21% auf 39.9 kWh/EW*a gesunken. Im Oktober 2023 wurde der Gebläsebetrieb durch die Integration von zwei Regelschiebern gezielt angepasst. Seither wird bei geringer biologischer Last (Tiefastbetrieb) nur noch ein Gebläse anstelle von zwei betrieben. Diese Optimierungsmassnahme resultierte in einer signifikanten Senkung des Energieverbrauchs – und dies trotz eines Anstiegs der mittleren CSB-Belastung um 9%.

Tabelle 7. Energieverbrauch 2024 im Vergleich zu 2023.

	2023	2024	Veränderung 2024 zu 2023
Energieverbrauch [kWh/a]	173'855	157'444	-10%
Energieverbrauch BB/NKB [kWh/a]	100'932	80'753	-25%
Mittlere Belastung EW_{CSB} [EW]	3'601	3'942	9%
Spez. Energieverbrauch [kWh/EW*a]	48.3	39.9	-21%

Durch die erzielte Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs für die gesamte ARA, konnte dieser im Jahr 2024 unter den Richtwert des Handbuchs Energie in ARA geführt werden (Tabelle 8). Ferner lag der spezifische Energiebedarf der Biologie, inklusive der Nachklärung, bei 20.4 kWh/EW*a, was nicht nur unter dem Richtwert lag (29 kWh/EW*a), sondern sich im Bereich des Idealwerts von 22 kWh/EW*a befand.

Tabelle 8. Vergleichswerte Energieverbrauch

Für ARA mit Hebewerk, Filtration, ohne Faulung & SEA:		ca. 42	kWh/EW*a
Für biologische Behandlung (C+N) mit Faulung		ca. 29	kWh/EW*a
VSA Kennzahlen 2010 ¹ : Mittelwert		ca. 52	kWh/EW*a
Bereich		38 - 66	kWh/EW*a

¹Die VSA Werte stellen alle Anlagentypen dar, mit Faulung aber ohne Filtration.

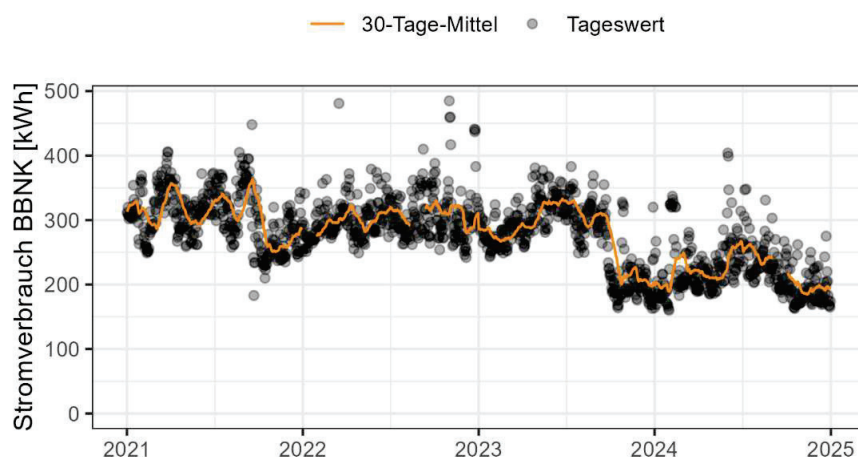


Abbildung 17: Stromverbrauch Biologie (BB)/Nachklärung (NK). Die Punkte stellen einzelne Daten dar und die Intensität der Färbung wiedergibt Häufungen derselben Werte.

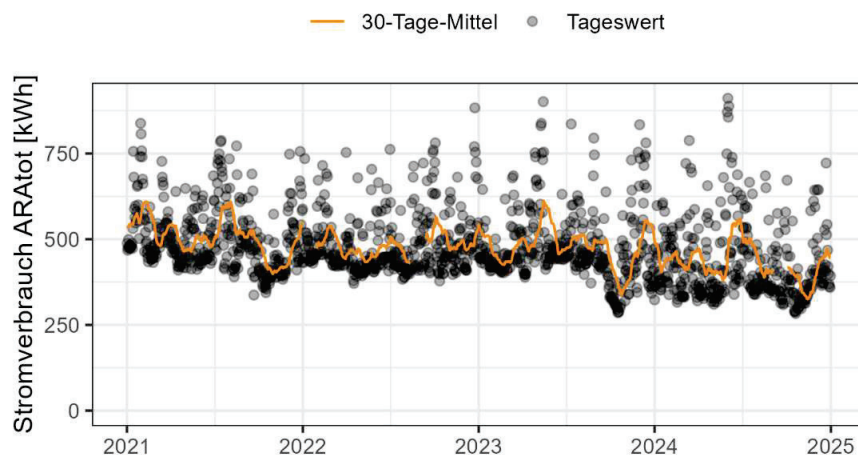


Abbildung 18. Stromverbrauch der gesamten ARA. Die Punkte stellen einzelne Daten dar und die Intensität der Färbung wiedergibt Häufungen derselben Werte.

In der Auswertung der Betriebsdaten von 2023 war im Zusammenhang mit der Energieoptimierung des Gebläses eine erhöhte Variabilität der Sauerstoffkonzentrationen aufgefallen (**Abbildung 19**). Diese hat sich im Betriebsjahr 2024 bestätigt; die mittlere O₂ Konzentration lag im Jahr 2024 bei 3.24 mg/L (BB1), respektive 3.07 mg/L (BB2), also ca. 37% höher als im Vorjahr. Das Sauerstoffminimum lag bei 1.84 mg/L (BB1), respektive bei 1.73 (BB2).

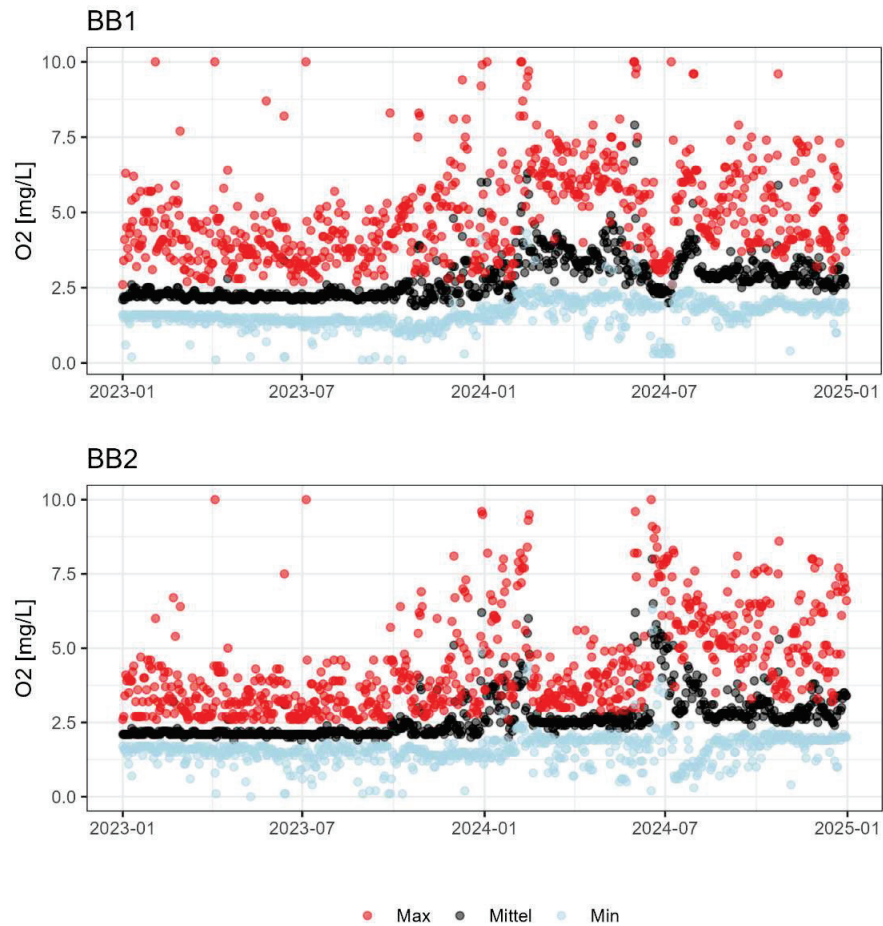


Abbildung 19. Sauerstoffkonzentration in den Biologiestrassen 1 (BB1) und 2 (BB2) über das Betrachtungsjahr.

Massnahmen	Priorität
Anpassung der O2-Regelung Die mittlere Sauerstoffkonzentration ist höher als nötig. Mit einer Justierung auf 2 mg/L kann der Stromverbrauch weiter optimiert werden. Diese Optimierung ist jedoch mit den aktuellen Gebläsen nicht möglich (Betrieb mit einem Gebläse bereits auf tiefst möglicher Frequenz). Falls ein Gebläseersatz erfolgt, kann dies geprüft werden.	●



6 Zusammenfassung

Die biochemische Belastung der ARA Schachen war 2024 deutlich höher als im Vorjahr (+16%). Dabei ist jedoch wichtig darauf hinzuweisen, dass diese Erhöhung sich auf die 85%-Quantile bezieht (relevant für Auslegung der Anlage), welche durch eine Häufung der Beprobung an Tagen mit hohem Zulauf ungünstigerweise verzerrt wird. Eine Analyse anhand der Medianwerte, welche weniger anfällig auf Datenausreisser ist, hätte eine ähnliche Belastung wie im Vorjahr ergeben. Dennoch waren die Ablaufwerte insgesamt gut und die Eliminationsleistung hoch. Die höheren Ammoniumwerte sind teilweise auf die betrieblichen Probleme im Jahr 2023 zurückzuführen und können mit Anpassungen des Schlammalters entgegengewirkt werden.

Der spezifische Energieverbrauch konnte signifikant gesenkt werden (-21%), und lag nun unter dem Richtwert des Energiehandbuchs. Der Energieverbrauch der Biologie konnte, dank der Optimierung der Gebläse im Oktober 2022, in den idealen Bereich gebracht werden.

Ein deutlich niedrigerer Energieverbrauch trotz gestiegener Anlagenbelastung sowie eine hohe Eliminationsleistung bei teilweise hoher Belastung, sprechen für eine effektive und sorgfältige Betriebsführung der ARA Schachen.

Stufe	Priorität		Zeithorizont
	0	Dringend	Aktuelles Jahr
	1	Kurzfristig	Nächstes Jahr
	2	Mittelfristig	Innerhalb 2-4 Jahren
	3	Langfristig	Ab dem 5. Jahr
	4	Keine Massnahmen	-
	5	Nur bei Alleingang	Entscheid nach Urnengang (März 2026)

Für die ARA Schachen können aus der Auswertung der Betriebsdaten die folgenden Massnahmen abgeleitet werden:

Massnahmen	Priorität
Überprüfung Hydraulik Da die Erfahrungen des Betriebs eine hohe hydraulische Belastung zeigen, wird empfohlen die Hydraulik der Anlage zu überprüfen.	
Probenahme Ablauf VKB Für eine möglichst repräsentative Bewertung der Belastung der ARA soll die Verteilung der Probenahmen in Bezug auf die Zulaufmengen weiterhin beobachtet werden, um eine möglichst unverzerrte Auswertung zu gewährleisten.	
Überprüfung Dimensionierungsfrachten Der Vergleich mit den Dimensionierungsfrachten aus den Einleitbedingungen der Baudirektion des Kantons Zürich vom Juni 2002 zeigt, dass noch ausreichend biochemische Kapazität vorhanden ist. Die Kapazität der Anlage sollte anhand der vorhandenen Beckenvolumen überprüft werden.	
Optimierung des Schlammalters und Nitrifikation/Denitrifikation Das Schlammalter sollte im Winter angehoben werden (ausgedehntere Belüftung der bivalenten Zone), um genügend Kapazität zur Nitrifikation zu schaffen. Im Sommer hingegen sollte zu Gunsten einer höheren Stickstoffelimination, sowie weiterer Optimierung des Stromverbrauchs eine Senkung geprüft werden.	

Dosierung aluminiumhaltiges Fällmittel Die Betriebsprobleme bzgl. Schwimmschlamm (resp. Fadenbakterien) müssen frühzeitig durch den Betrieb behandelt werden. In Anbetracht der anhaltenden Probleme und des schwierig zu vorhersehenden SVI-Anstieges wird die zusätzliche Dosierung von aluminiumhaltigem Fällmittel von ca. anfangs Oktober bis anfangs April empfohlen. Falls der Schwimmschlamm weiterhin ein Problem ist, kann als nächster Schritt ein Kombipräparat ganzjährig eingesetzt werden.	●
Schaefer Klarolit® Beobachtung der Zugabe des Klarolits. Prüfung des effektiven Einfluss auf die Biologie.	●
Filtration Keine Massnahme	●
Anpassung der O2-Regelung Die mittlere Sauerstoffkonzentration ist höher als nötig. Mit einer Justierung auf 2 mg/L kann der Stromverbrauch weiter optimiert werden.	●

Zürich, 13. Juni 2025
ern/mis

HUNZIKERBETATECH

Hunziker Betatech AG
Stockerstrasse 64
8001 Zürich