STICKSTOFFELIMINATION AUF SCHWEIZER ARA

STECKBRIEFE AUSGEWÄHLTER ARA

HINTERGRUND

In der Schweiz gibt es rund 700 Abwasserreinigungsanlagen (ARA) mit einer dimensionierten Ausbaugrösse von >200 Einwohnerwerten (EW)[1]. Ein Grossteil der ARA (rund 500) wird mit einem Belebtschlammverfahren (konventionell, A/I, SBR, MBR, Hoch-Schwachlast) betrieben, rund 180 ARA mit einem Biofilm-Verfahren (Festbett, Wirbelbett/Hybrid, Tropfkörper, Tauchtropfkörper). Die Leistung der einzelnen ARA beim Stickstoffabbau hängt massgeblich vom verfügbaren Beckenvolumen, dem Verfahren und der Betriebsweise sowie den Abwasserparametern (Temperatur, Nährstoffverhältnis, Zulaufmenge, …) ab. Die schweizweit mittlere Eliminationsleistung für Stickstoff liegt bei 52 % und variiert stark zwischen den ARA[2]. Grössere ARA schneiden meist besser ab als die kleineren.
Bei ausreichend hohem CSB:N-Verhältnis (rund 8) und einer Abwassertemperatur von über 10 °C sind gemäss einer Modellierung der FHNW für eine 80 %ige Stickstoffelimination im Jahresmittel näherungsweise folgende Beckenvolumen (Biologie) erforderlich:

Verfahren	Erforderliches Beckenvolumen (Biologie)[2]
Belebtschlamm konventionell und A/I	200 l/EW
Belebtschlamm SBR	300 l/EW*
Wirbelbett/Hybrid	250 l/EW
Festbett und Tropfkörper	Von Fall zu Fall unterschiedlich

* Das Reaktorvolumen eines SBR wird sowohl für biologischen Abbau als auch für die Sedimentation genutzt. Das angegebene Beckenvolumen kann daher nicht direkt mit den Biologievolumen der anderen Verfahren verglichen werden.

Diese Angaben sind grobe Orientierungswerte, die nur unter bestimmten Rahmenbedingungen gültig sind. Je nach Voraussetzungen und Optimierungen ergeben sich andere Volumen. Es ist deshalb essenziell, dass jede ARA ihre spezifische optimale Lösung und das benötigte Volumen zur Erhöhung der Stickstoffelimination ermittelt. Mit verfahrenstechnischen Optimierungen und unter guten Voraussetzungen kann auch mit geringeren Beckenvolumen eine hohe Stickstoffelimination erreicht werden.

[1] VSA 2023, Kosten und Leistungen der Abwasserentsorgung
[2] Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW (2024) Gesamtbetrachtung Weiterentwicklung Reinigungsleistung ARA, https://www.bafu.admin.ch/dam/de/sd-web/3-zivW-XJFTS/Gesamtbetrachtung_Weiterentwicklung_ARA.pdf

ÜBERSICHT DER ARA

In der vorliegenden Zusammenstellung wurden die Betriebsdaten von neun ARA mit einer vergleichsweise guten Stickstoffelimination ausgewertet. Die Auswahl deckt eine möglichst grosse Bandbreite an Verfahren ab, weshalb auch eine ARA aus Deutschland portraitiert wird, welche eine Kaskadendenitrifikation betreibt.

ARA	Verfahren	Massnahme zur Erhöhung der Stickstoffelimination	Ausbaugrösse [Einwohnerwerte]	CSB:N-Verhältnis, Zulauf Biologie	Seite
ARA Glarnerland	Belebtschlamm	Granulierter Belebtschlamm, Rücklaufbehandlung mit Anammox	105’000	7	3
ARA Bachwis (Fällanden)	Belebtschlamm	Betrieb alternierend/intermittierend	45’000	7.7	7
ARA Birs	SBR (Sequence Batch Reactor)	Gradientenregelung	150’000	8.3	11
ARA Hofen St. Gallen	Belebtschlamm	alternierend/intermittierend, dynamische Regelung	69’200	7.9	15
ARA Neugut	Belebtschlamm	vorgeschaltete Denitrifikation	100’000	8	18
ARA Region Stetten	SBR (Sequence Batch Reactor)	Gradientenregelung	19’500	9.1	23
ARA Thunersee	Belebtschlamm mit Bio-P	Betrieb intermittierend, interne Rezirkulation, Rücklaufbehandlung mit Anammox	200’000	6.2	18
ARA Wetzikon	Belebtschlamm	Betrieb alternierend/intermittierend	37’000	6.3	33
Kläranlage Kamen (D)	Belebtschlamm	Kaskadendenitrifikation	160’000	7.6	38

1 ARA GLARNERLAND

Verfahren: Belebtschlamm granuliert

Dimensionierung, Auslastung, Kennzahlen

Ausbaugrösse und Auslastung

		Auslastung (85 %-Perzentil)		
	Ausbaugrösse	**2021**	**2022**	**2023**
Einwohnerwerte CSB (120 g/d)	105’000	75'000	89'000	95'000
Einwohnerwerte N (11 g/d)	105’000	65'000	66'000	69'000

Abwasserfracht und Reinigungsleistung

	2021		2022		2023	
Mittlere behandelte Abwassermenge [l/s] **Q Trockenwetter [l/s]** **Qmax,behandelt [l/s]**	254 171 562		213 151 526		254 161 580	
Mittlere Zulaufkonzentration N_{ges} [mg/l]	31		39		38	
Mittlere Ablaufkonzentration N_{tot} [mg/l]	15		15		13	
CSB-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgCSB/d]	4'070		4'533		4'810	
N-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgN/d]	640		651		649	
CSB:N-Verhältnis (Zulauf Biologie, Mittelwert)*	6.4		7.0		7.4	
	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt
Reinigungsleistung CSB (85 %-Perzentil)	92 %	95 %	92 %	96 %	91 %	98 %
Reinigungsleistung N_{tot} (Mittelwert)	57 %**	51 %	61 %**	61 %	63 %**	68 %
Reinigungsleistung N_{tot} (15 %-Perzentil)	40 %	31 %	50 %	47 %	50 %	59 %
Reinigungsleistung N_{tot} (85 %-Perzentil)	73 %	69 %	72 %	75 %	74 %	79 %
Reinigungsleistung P (85 %-Perzentil)		94 %		95 %		95 %

* Ein gutes CSB:N-Verhältnis für die Denitrifikation liegt bei etwa 8.
** Die internen Rückläufe werden erst ab der Vorklärung erfasst, weshalb die Gesamtreinigungsleistung geringer als die Leistung der Biologie sein kann.

Verfahrenstechnik

Allgemein

Aufenthaltszeit Vorklärbecken (Tageszulauf) **Minimum (Regenwetterzulauf max.)** **Mittelwert** **Maximum**	 46 min 110 min 231 min
Q_{max}:Q_{TW}	3.6
Verfahren Biologie	Belebtschlamm granuliert
Anzahl Strassen Biologie	4
Schlammalter (gesamt)	Mittelwert: 16 Tage
Spezifisches Biologievolumen (exkl. Nachklärung)	87 l/Einwohnerwert (dimensioniert) 106 l/Einwohnerwert (Auslastung CSB; 85 %-Perzentil)
Beckenvolumen unbelüftet (intermittierend) : Volumen belüftet	11
Interne Rezirkulation	Nein
Bewirtschaftung Bivalentzone	Sommer wie Winter gleich
Überschussschlammabzug	Aus Rücklaufschlamm, anschl. direkt Eindickung, nicht in Vorklärung

Einteilung und Ausrüstung Biologie

	Volumen	**Ausrüstung**	**Betriebsweise**
Kompartiment 1	4 * 2'100 m^3	Rührwerke, Belüftung, Sonde Leitfähigkeit, pH-Sonde NH_4-Sonde, O_2-Sonden, Nitrat-Sonde, PO4-Analyzer, Nitrit-Analyzer	Intermittierend
Kompartiment 2	4 * 185 m^3	Belüftung, O_2-Sonden, Nitrat-Sonde, PO_4-Analyzer, Nitrit-Analyzer	dauerbelüftet

Betrieb, Fällung und Besonderheiten

Chemische Stufe	Phosphatfällung (simultan in Biologie mit Eisensalzen)
Sonstiges	Fremdschlammannahme, Nebenstrombehandlung Anammox, Co-Substrat-Annahme, Schlammtrocknungsanlage, Industrieanteil 45%,

Erreichte Stickstoffelimination der Biologie

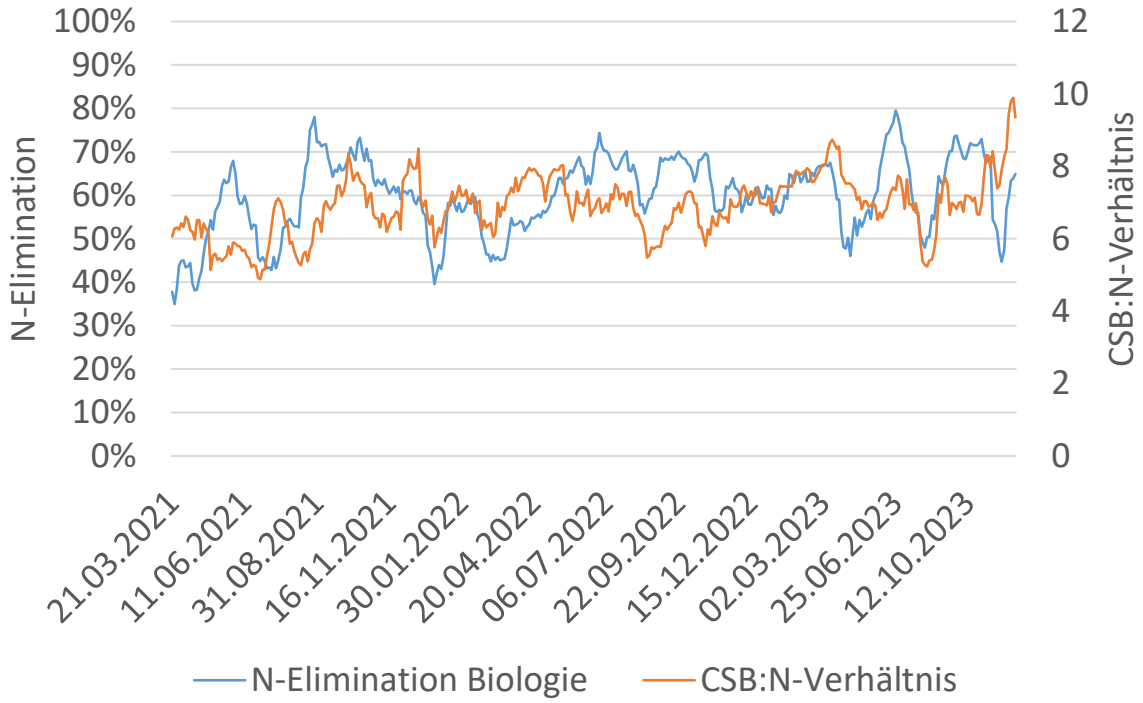


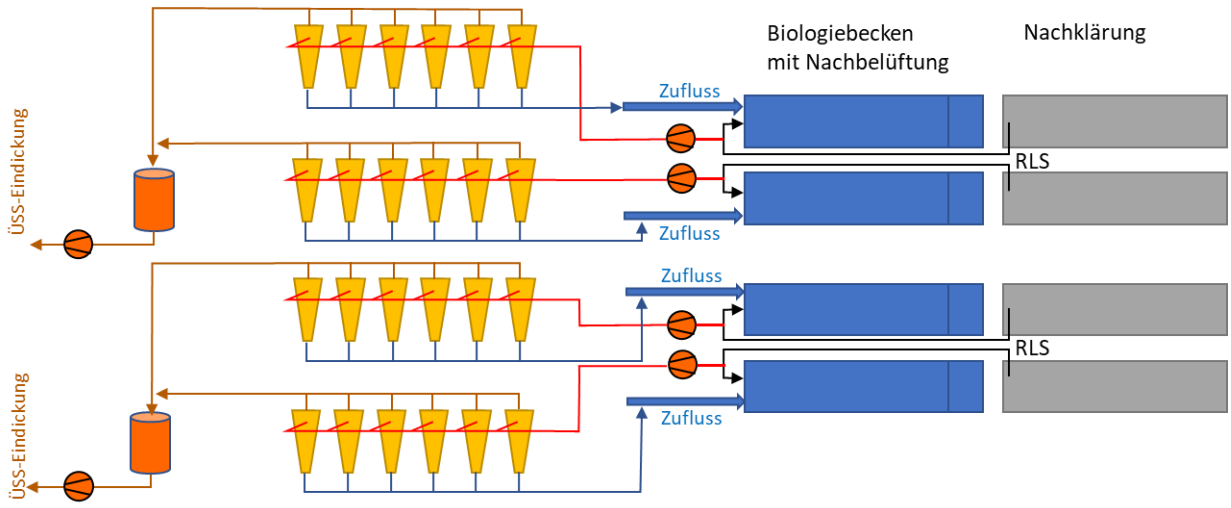
Abbildung 1: Der Verlauf der Stickstoffelimination und des CSB:N-Verhältnisses im gleitenden Mittel über 7 Werte.

Verfahrensbeschrieb Stickstoffelimination

Die ARA Glarnerland erreichte im Jahresmittel 2021-2023 eine Stickstoffelimination von rund 60 %. Seither konnte die mittlere Leistung aber schrittweise auf 76 % (2025) erhöht werden. In den nächsten Jahren soll die Stickstoffelimination auf 80 % gesteigert werden. Geplant ist, die Aufenthaltszeit in der Vorklärung zu verkürzen, um die Verfügbarkeit von Kohlenstoffverbindungen für die Denitrifikation zu erhöhen (besseres CSB:N-Verhältnis). Die für die Klärgasgewinnung verfügbare Menge Primärschlamm sinkt dadurch.
Die Biologie soll auf einen A/I-Betrieb (alternierend/intermittierend) umgestellt werden. Auf der ARA Glarnerland sind hierfür lediglich steuerungstechnische Anpassungen erforderlich.
Der Energieverbrauch wird durch diese Massnahmen nicht steigen.
Die Biologie der ARA Glarnerland wird seit 2019 mit granuliertem Belebtschlamm betrieben. Die Belebtschlamm-Granulen werden mit Hydrozyklonen selektiert. Die Granulen weisen eine bessere Absetzeigenschaft als konventioneller Belebtschlamm auf, sodass diese in der Nachklärung besser sedimentieren. Dadurch kann die Schlammkonzentration in der Biologie erhöht werden, wodurch auch die Reinigungsleistung steigt. Die Kapazität der Biologie konnte damit im Vergleich zum konventionellen Belebtschlammverfahren bei gleichem Beckenvolumen um etwa 50 % gesteigert werden. Ausgangspunkt dieser Steigerung war ein sehr hoher Schlammvolumenindex, sodass diese Leistungssteigerung nicht direkt auf andere ARA übertragen werden kann.
Die Rückläufe aus der Schlammbehandlung werden in einem einstufigen Anammox-Reaktor behandelt. Dieser eliminiert rund 250 kg Stickstoff pro Tag, was knapp 40 % der mittleren Zulauffracht der Biologie entspricht und diese massgeblich entlastet.

Verfahrensschema Biologie

Verfahrensschema S::Select mit den Hydrozyklonen (gelb) für die Selektion der Belebtschlammgranulen. Die Granulen werden aus dem Rücklaufschlamm selektiert. Belebtschlammflocken mit geringerer Dichte werden als Überschussschlamm abgezogen.



Kontakt

Abwasserverband Glarnerland
Ansprechperson
Betrieb: Niklaus Wick
www.avglarnerland.ch
Tel. +41 55 619 21 41
Mail: info@avglarnerland.ch

Weitere Informationen: https://www.aquaetgas.ch/wasser/abwasser/20210927_ag9_bessere-schlammeigenschaften-mit-sselect/

2 ARA BACHWIS

Verfahren: Belebtschlamm A/I

Dimensionierung, Auslastung, Kennzahlen

Ausbaugrösse und Auslastung

		Auslastung (85 %-Perzentil)		
	Ausbaugrösse	**2021**	**2022**	**2023**
Einwohnerwerte CSB (120 g/d)	45’000	60'000	59'000	60'000
Einwohnerwerte N (11 g/d)	45’000	65'000	56'000	50'000

Abwasserfracht und Reinigungsleistung

	2021		**2022**		**2023**	
Mittlere behandelte Abwassermenge [l/s] **Qmax,behandelt [l/s]**	165 488		127 416		152 423	
CSB-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgCSB/d]	3'774		3'699		3'675	
Mittlere Zulaufkonzentration N_{ges} [mg/l]	44		47		43	
Mittlere Ablaufkonzentration N_{tot} [mg/l]	11		10		8	
N-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgN/d]	551		489		475	
P-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgP/d]	58		60		54	
C:N:P-Verhältnis (Zulauf Biologie)	100:14.6:1.5		100:13.2:1.6		100:12.9:1.5	
CSB:N-Verhältnis (Zulauf Biologie, Mittelwert)*	7.2		8.0		7.8	
	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt
Reinigungsleistung CSB (85 %-Perzentil)	91 %	96 %	92 %	96 %	93 %	97 %
Reinigungsleistung N_{tot} (Mittelwert)	74 %	81 %	79 %	74 %	79 %	79 %
Reinigungsleistung N_{tot} (15 %-Perzentil)	64 %	74 %	69 %	61 %	69 %	70 %
Reinigungsleistung N_{tot} (85 %-Perzentil)	85 %	88 %	88 %	85 %	87 %	88 %
Reinigungsleistung P (85 %-Perzentil)		94 %		93 %		94 %

* Ein gutes CSB:N-Verhältnis für die Denitrifikation liegt bei etwa 8.

Verfahrenstechnik

Allgemein

Aufenthaltszeit Vorklärbecken (Tageszulauf) **Minimum (Regenwetterzulauf max.)** **Mittelwert** **Maximum**	 36 min 112 min 296 min
Verfahren Biologie	A/I
Anzahl Strassen Biologie	2
Schlammalter (gesamt)	11 Tage
Interne Rezirkulation	Ja. Regelung zulaufabhängig. Rücklaufverhältnis ca. 1 : 2-3
Spezifisches Biologievolumen (exkl. Nachklärung) (6'920 m^3 inkl. Anox)	154 l/Einwohnerwert (dimensioniert) 116 l/Einwohnerwert (Auslastung CSB; 85 %-Perzentil

Einteilung und Ausrüstung Biologie

	Volumen	Ausrüstung	Betriebsweise
Kompartiment 1	2400 m^3	Rührwerk, Belüftung, NH_4-Sonde, O_2-Sonde	Anoxisch/intermittierend/aerob/…
Kompartiment 2	540 m^3	Belüftung, O_2-Sonde, TS Sonde	Über O_2-Sonde geregelt

Fällung und Besonderheiten

Chemische Stufe	Phosphatfällung (simultan in Biologie mit Eisensalzen, geregelt mit Phosphoranalyzer)
Überschussschlamm	Abzug und Eindickung separat (nicht über Vorklärung)

Erreichte Stickstoffelimination der Biologie

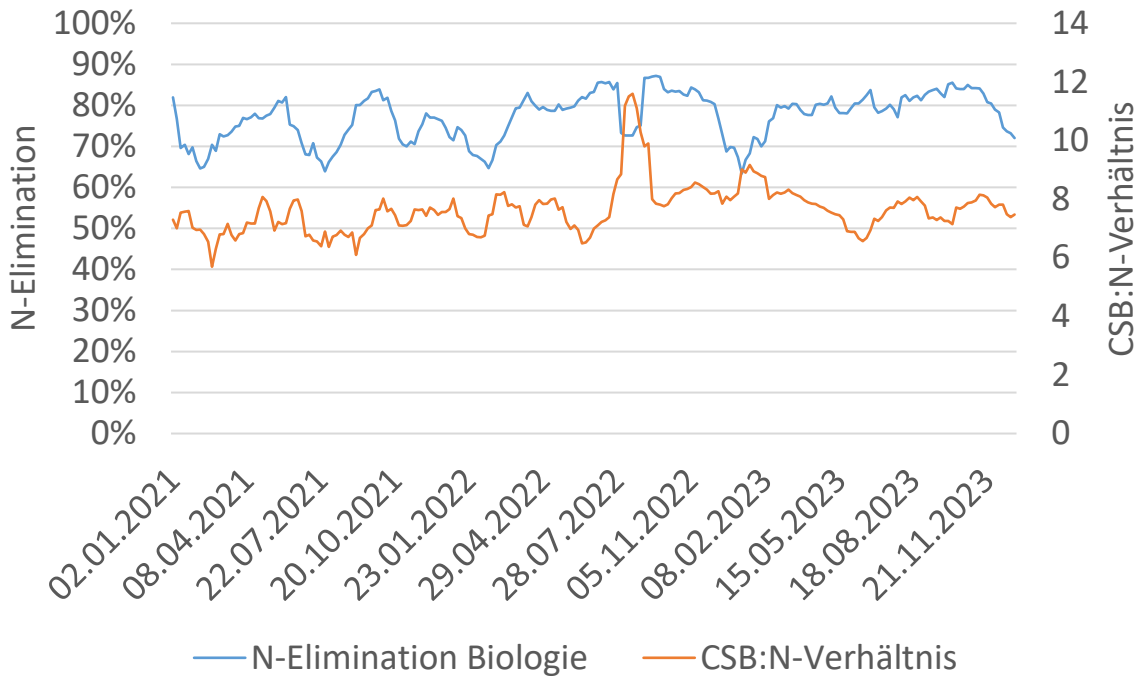
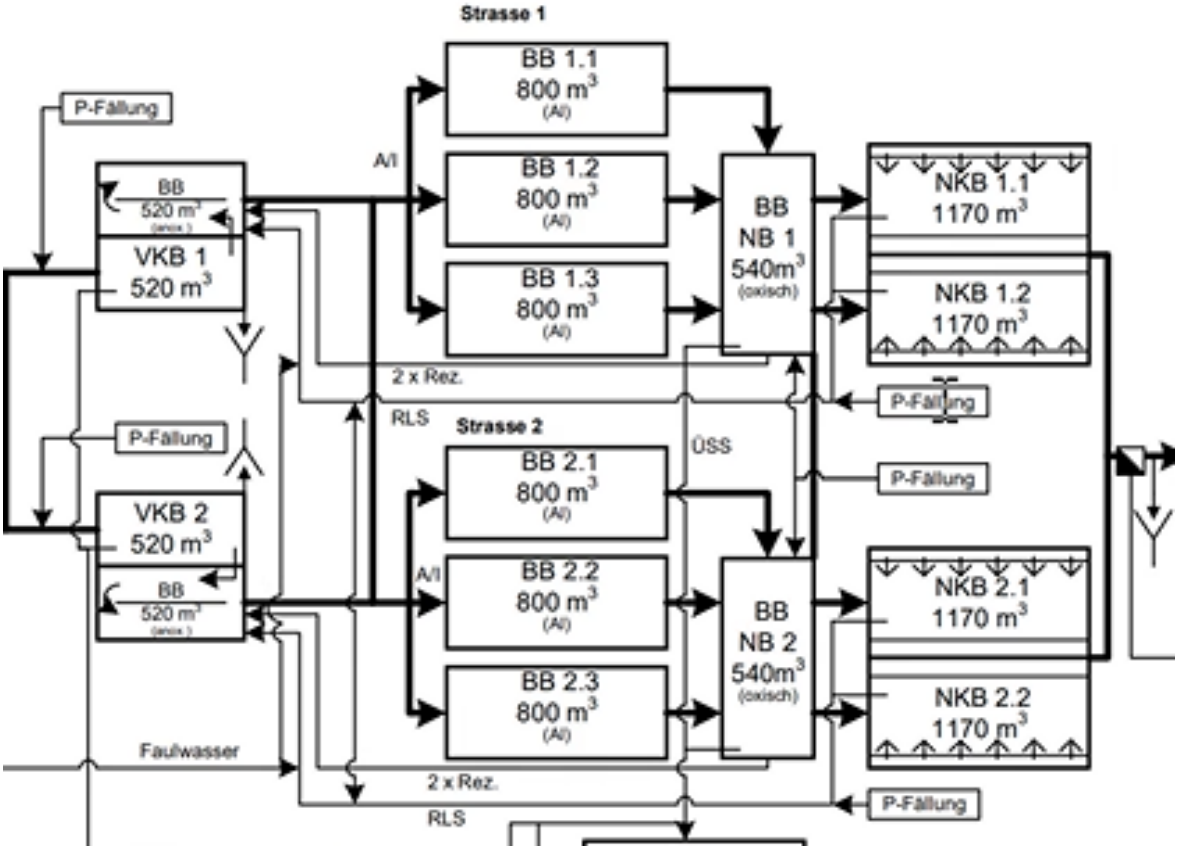


Abbildung 2: Der Verlauf der Stickstoffelimination und des CSB:N-Verhältnisses in der Biologie im gleitenden Mittel über 7 Werte.

Verfahrensbeschrieb Stickstoffelimination

Die ARA Bachwis erreicht im Jahresmittel 2023 eine Stickstoffelimination von rund 80 %. Begünstigt wird dies durch ein gutes CSB:N-Verhältnis. Die ARA wird im A/I-Verfahren betrieben und verfügt über eine grosse vorgeschaltete Anoxzone. Beim A/I-Verfahren werden die Belebungsbecken abwechselnd beschickt und belüftet, sodass für den Abbau der Kohlenstoffverbindungen das über die internen Rückläufe rückgeführte Nitrat verwendet wird. Die Stickstoffelimination kann dadurch erheblich erhöht und gleichzeitig der Energieverbrauch für die Belüftung zum Abbau der Kohlenstoffverbindungen reduziert werden.

Verfahrensschema Biologie



Kontakt

ARA Bachwis
Industriestrasse 50
8117 Fällanden
Martin Moos

www.arabachwis.ch
Tel.: +41 43 355 33 33
Mail: info@arabachwis.ch

3 ARA BIRS

Verfahren: Sequence Batch Reactor (SBR) mir Gradientenregelung

Dimensionierung, Auslastung, Kennzahlen

Ausbaugrösse und Auslastung

		Auslastung (85 %-Perzentil)		
	Ausbaugrösse	**2021**	**2022**	**2023**
Einwohnerwerte CSB (120 g/d)	150’000	112’000	105’000	103’000
Einwohnerwerte N (11 g/d)	150’000	89’000	95’000	89’000

Abwasserfracht und Reinigungsleistung

	2021		**2022**		**2023**	
Mittlere behandelte Abwassermenge [l/s] **Qmax,behandelt [l/s]**	336 927		286 911		306 891	
CSB-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgCSB/d]	11'075		9'137		10'053	
Mittlere Zulaufkonzentration N_{tot} [mg/l]	33		39		38	
Mittlere Ablaufkonzentration N_{ges} [mg/l]	7		8		8	
N-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgN/d]	1'327		1'159		1'211	
P-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgP/d]	116		116		116	
CSB:N-Verhältnis (Zulauf Biologie, Mittelwert*)	8.4		7.9		8.5	
	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt
Reinigungsleistung CSB (85 %-Perzentil)	97 %	97 %	95 %	96 %	97 %	98 %
Reinigungsleistung N_{tot} (Mittelwert)	85 %	77 %	83 %	77 %	84 %	78 %
Reinigungsleistung N_{tot} (15 %-Perzentil)	80 %	69 %	78 %	68 %	71 %	79 %
Reinigungsleistung N_{tot} (85 %-Perzentil)	88 %	85 %	87 %	83 %	89 %	84 %
Reinigungsleistung P (85 %-Perzentil)	91 %	91 %	91 %	91 %	93 %	93 %

* Ein gutes CSB:N-Verhältnis für die Denitrifikation liegt bei etwa 8.

Verfahrenstechnik

Allgemein

Aufenthaltszeit Vorklärbecken (850 m³) **Minimum** **Mittelwert** **Maximum**	 15 min 42 min 75 min
Verfahren Biologie	Sequence Batch Reactor (SBR)
Anzahl Strassen Biologie	5 SBR, je 8'500 m³
Schlammalter (gesamt)	Ca. 26 Tage total / Ca. 8 Tage aerob
Spezifisches Biologievolumen (SBR)	283 l/EW (dimensioniert) 398 l/EW (gemäss 85 %-Auslastung CSB)
Überschussschlammabzug	Direkt zur Eindickung

Einteilung und Ausrüstung Biologie (Zyklusbeschrieb SBR)

	Volumen	Ausrüstung	Betriebsweise
Pro Strasse	8‘500 m³	Rührwerk, Belüftung, NO_3-Sonde, O_2-Sonde TS-Sonde (Trübungsmessung), Niveaumessung	Anoxisch /aerob Zyklusdauer 4h bei Regen ohne anoxischer Betrieb 5 bis 8.33h bei Trockenwetter

Fällung und Besonderheiten

Chemische Stufe	Phosphatfällung (simultan in Biologie mit Eisensalzen)
Sonstiges	Fremdschlammannahme, CoSubstrat-Annahme, eigene Schlammentwässerung

Erreichte Stickstoffelimination der Biologie

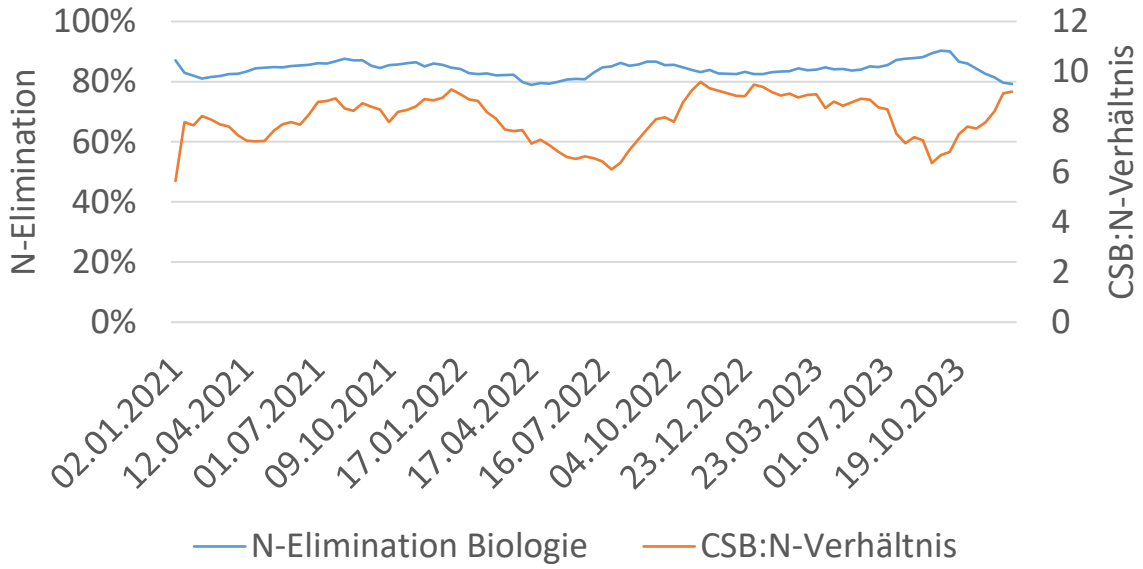


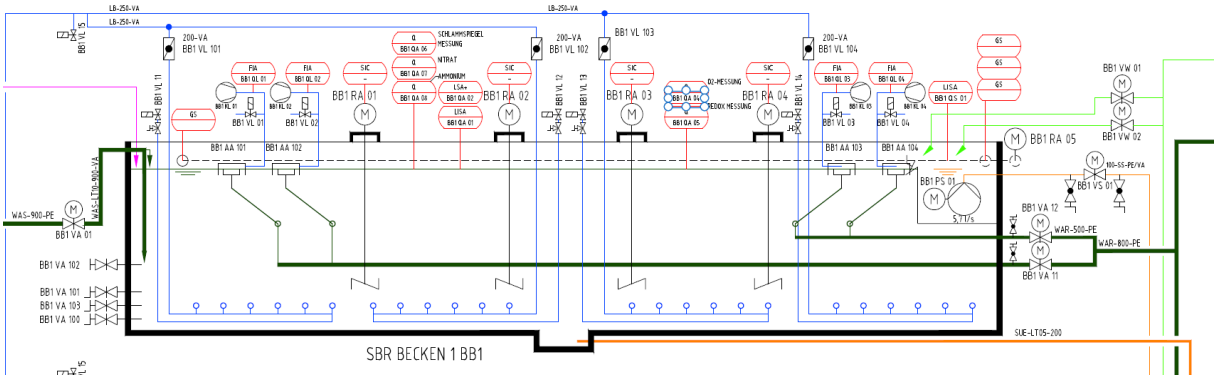
Abbildung 3: Der Verlauf der Stickstoffelimination und des CSB:N-Verhältnisses im gleitenden Mittel über 7 Werte.

Verfahrensbeschrieb Stickstoffelimination

Die ARA Birs erreicht im Jahresmittel eine Stickstoffelimination von knapp 80 %. Begünstigt wird dies durch ein gutes Nährstoffverhältnis (CSB:N-Verhältnis).
Beim SBR-Verfahren (Sequence Batch Reactor) erfolgen alle Prozessschritte (Nitrifikation, Denitrifikation, Sedimentation) nacheinander in einem Behälter. Wichtig ist dabei, dass die Dauer der Zyklen optimiert sind. Auf der ARA Birs wurde hierfür eine Gradientenregelung implementiert und es wird als zusätzlicher Parameter auch die Wetterprognose berücksichtigt.
Bei der Gradientenregelung wird mit ionenselektiven Sonden die Konzentrationsänderung von Ammonium und Nitrat gemessen. Das Rohsignal der Messung ändert sich mit den Konzentrationsänderungen. Bleibt die Konzentration konstant, ist der Gradient null und der nächste Zyklus kann gestartet werden. Die Zyklusdauer ist damit auf die Prozessschritte optimiert und es wird die bestmögliche Reinigungsleistung erreicht. Gegenüber Absolutwerten ist das Rohsignal weniger störanfällig und folglich auch wartungsarm.
Zusätzlich zur Gradientenregelung werden auf Grundlage der Wetterprognose zwei Betriebsweisen (Trockenwetter und Regenwetter) eingestellt. Bei Regenwetter wird die Zyklusdauer verkürzt und auf eine Denitrifikationsphase verzichtet, um genug Kapazität für die Nitrifikation zu haben. Weiterhin wird bei Regenwetter der minimale Füllstand reduziert, sodass mehr Abwasser pro Zyklusdauer durchgesetzt werden kann.

Ausschnitt R&I Biologie

Die ARA Birs betreibt fünf baugleiche Sequence-Batch-Reactors (SBR).



Kontakt

ARA Birs
Martin Vogt
https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/amt-industrielle-betriebe/abwasseranlagen/anlagen-birs-und-birsigtal
Tel.: +41 61 315 10 17
Mail: martin.vogt@bl.ch

Weitere Informationen:

https://www.aquaetgas.ch/wasser/abwasser/20210111_ag1_ara-birs-dynamisches-sbr-verfahren/
https://www.aquaetgas.ch/vsa-news/mitteilungen/ara-birs/

4 ARA HOFEN, ST. GALLEN

Verfahren: Belebtschlamm A/I mit dynamischer Regelung

Dimensionierung, Auslastung, Kennzahlen

Ausbaugrösse und Auslastung

		Auslastung (85 %-Perzentil)		
	Ausbaugrösse	**2021**	**2022**	**2023**
Einwohnerwerte CSB (120 g/d)	74'900	101'000	108'000	107'000
Einwohnerwerte N (11 g/d)	69'200	83'000	96'000	93'000

Abwasserfracht und Reinigungsleistung

	2021		2022		2023	
Mittlere behandelte Abwassermenge [l/s] **Qmax,behandelt [l/s]**	340 960		286 749		332 927	
Mittlere Zulaufkonzentration N_{ges} [mg/l]	33		38		36	
Mittlere Ablaufkonzentration N_{tot} [mg/l]	10		9		10	
CSB-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgCSB/d]	7'350		8'235		7'262	
N-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgN/d]	915		962		1'005	
P-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgP/d]	98		113		98	
CSB:N-Verhältnis (Zulauf Biologie)*	8.0		8.6		7.2	
	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt
Reinigungsleistung CSB (85 %-Perzentil)	96 %	97 %	97 %	97 %	97 %	97 %
Reinigungsleistung N_{tot} (Mittelwert)**	71 %	66 %	77 %	75 %	75 %	71 %
Reinigungsleistung N_{tot} (15 %-Perzentil)	47 %	57 %	65 %	70 %	56 %	64 %
Reinigungsleistung N_{tot} (85 %-Perzentil)	82 %	82 %	85 %	84 %	86 %	84 %
Reinigungsleistung P (85 %-Perzentil)		97 %		97 %		97 %

* Ein gutes CSB:N-Verhältnis für die Denitrifikation liegt bei etwa 8.
** Die internen Rückläufe werden erst ab der Vorklärung erfasst, weshalb die Gesamtreinigungsleistung geringer als die Leistung der Biologie sein kann.

Verfahrenstechnik

Allgemein

Aufenthaltszeit Vorklärbecken (Tageszulauf) **Minimum (Regenwetterzulauf max.)** **Mittelwert** **Maximum**	(bei einem Volumen von 2'100 m^3) 46 min 110 min 230 min
Q_{max}/Q_{TW}	3.5
Verfahren Biologie	A/I, Belebtschlamm mit Dynamischer Regelung
Anzahl Strassen Biologie	3 (je 3'000 m^3)
Schlammalter (gesamt)	10 Tage
Spezifisches Biologievolumen (exkl. Nachklärung)	120 l/Einwohnerwert (dimensioniert) 85 l/Einwohnerwert (Auslastung CSB, Mittel)
Interne Rezirkulation	Nein. Nur Rücklaufschlamm.
Bewirtschaftung Bivalentzone	Abhängig vom N-Wert, ganzjährig
Überschussschlammabzug	Eindickung über Vorklärung

Einteilung und Ausrüstung Biologie

	Volumen	Ausrüstung	Betriebsweise
Kompartiment 1	500 m^3	Rührwerk, Belüftung, O_2-Sonde	Anoxisch/intermittierend/aerob
Kompartiment 2	500 m^3	Belüftung, O_2-Sonde	Aerob
Kompartiment 3	500 m^3	Belüftung, O_2-Sonde	aerob

Fällung und Besonderheiten

Chemische Stufe	Phosphatfällung (Ablauf VKB mit Eisensalzen; geregelt mit Analyser)
Sonstiges	---

Erreichte Stickstoffelimination der Biologie

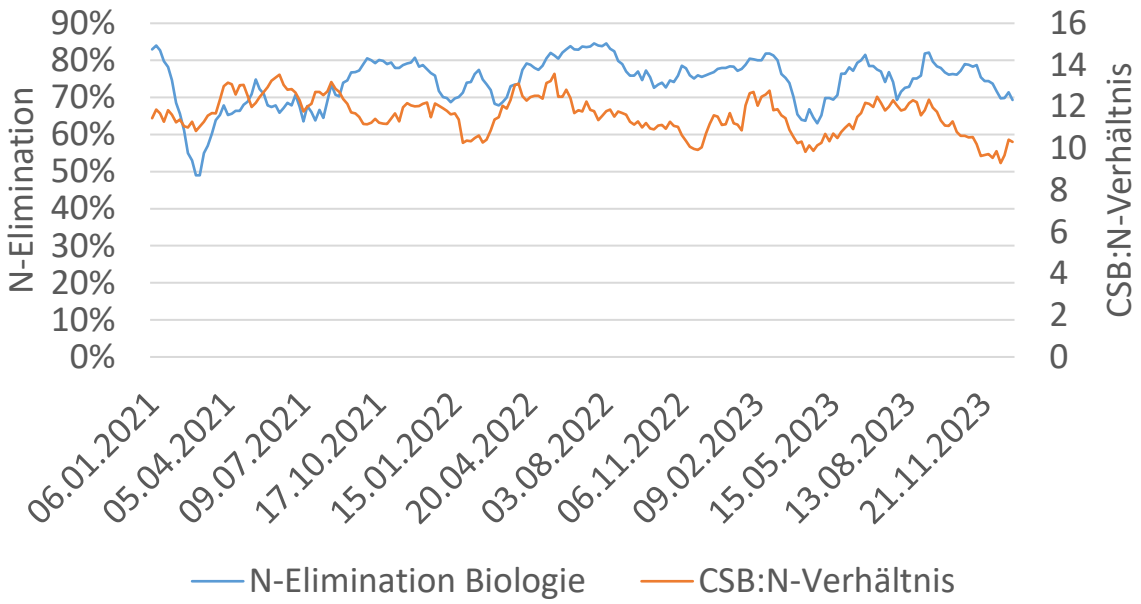
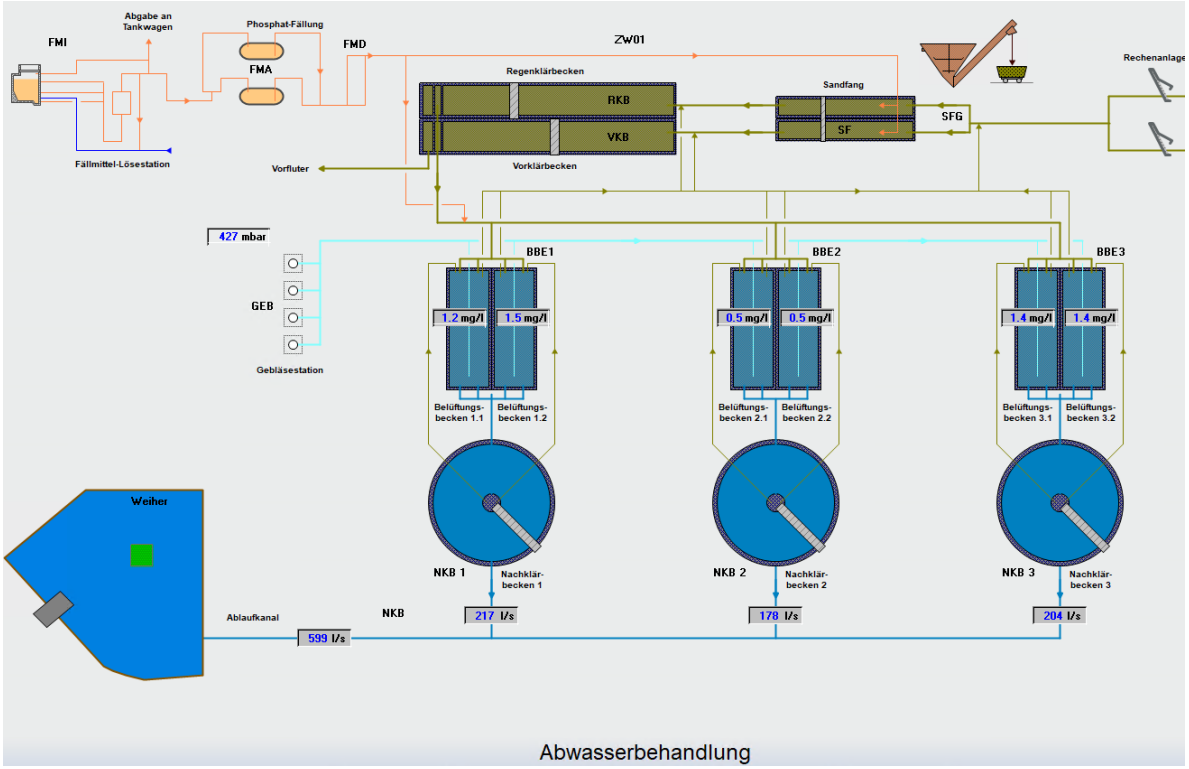


Abbildung 4: Der Verlauf der Stickstoffelimination und des CSB:N-Verhältnisses im gleitenden Mittel über 7 Werte.

Verfahrensbeschrieb Stickstoffelimination

Die ARA Hofen St. Gallen erreicht im Jahresmittel eine Stickstoffelimination von etwa 70 %. Die ARA hat für eine weitere Stickstoffelimination trotz vermeintlich gutem Nährstoffverhältnis eine eher ungünstige Nährstoffzusammensetzung (C-Verfügbarkeit). Durch verfahrenstechnische Optimierungen konnte die Stickstoffelimination in den letzten Jahren von 35 % auf 70 % gesteigert werden. Die Biologie wurde dafür mit einer höheren Belüfterdichte ausgestattet, was den Sauerstoffeintrag verbesserte, und mit einer Einteilung der Becken in drei Kompartimente optimiert, wodurch der Betrieb flexibler an die aktuelle Auslastung angepasst werde kann. Ein neues Regelkonzept auf Basis der dynamischen Steuerung nach Dyrpa (Dynamische Regelung und Prozessüberwachung in der Abwasserreinigung) sorgt für eine effiziente Prozessführung. Das Ziel dieser Regelung ist es, den Betrieb der ARA optimal an die Zulauffrachten der Schmutzstoffe anzupassen, welche sowohl im Tages-, Wochen- wie auch Jahresverlauf schwanken. Um einen stabilen Betrieb zu gewährleisten wurde ein Prioritätenliste erarbeitet, welche neun Faktoren beinhaltet (u.a. Betriebssicherheit, Schutz der Aggregate, Ammnoniumabbau, Denitrifikation, Faulwassermanagement, Energieverbrauch). Bei einer geringen Belastung sollen möglichst alle Ziele erreicht werden. Bei erhöhter Belastung liegt der Fokus auf der Nitrifikation.
Betriebserfahrungen zeigen eine stabile Anlagenleistung und eine Energieeinsparung von rund 15 % im Vergleich zur vorigen Betriebsweise. Zusätzlich konnten die Lachgasemissionen um den Faktor 5 reduziert werden, was die Umweltbilanz deutlich verbesserte.
Der detaillierte Verfahrensbeschrieb kann der unten genannten Publikation entnommen werden.

Verfahrensschema Biologie



Kontakt

Entsorgung St. Gallen
ARA Hofen St. Gallen
Abwasserbetriebe
9300 Wittenbach
Tel.: +41 71 272 60 06
Mail: hanspeter.bauer@stadt.sg.ch

Weitere Informationen

Aqua & Gas | Plattform für Wasser, Gas und Wärme | 20220104_A&G1_Dynamische Regelung der ARA Hofen (aquaetgas.ch)

Aqua & Gas mit weiteren Informationen zu:

- Lachgasreduktion
- Gewinner Infrawatt Innovationspreis 2021
- Beteiligung diverse Fachartikel

5 ARA NEUGUT

Verfahren: Belebtschlamm konventionell

Dimensionierung, Auslastung, Kennzahlen

Ausbaugrösse und Auslastung

		Auslastung (85 %)*		
	Ausbaugrösse	**2021**	**2022**	**2023**
Einwohnerwerte CSB (120 g/d)	100'000	74'000	76'000	89'000
Einwohnerwerte N (11 g/d)	100'000	71'000	72'000	78'000
Einwohnerwerte Q	122'222			

* Zulaufdaten gerechnet anhand VKB-Abläufen und typischen VKB-Eliminationsraten.

Abwasserfracht und Reinigungsleistung

	2021		**2022**		**2023**	
Mittlere behandelte Abwassermenge [l/s] **Qmax,behandelt [l/s]**	251 624		216 561		259 676	
CSB-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgCSB/d]	4'697		4'832		5'637	
N-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgN/d]	607		616		653	
P-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgP/d]	56		62		71	
CSB:N:P-Verhältnis (Zulauf Biologie) **CSB:N-Verhältnis***	100:13:1.2 7.7		100:13:1.3 7.8		100:12:1.3 8.6	
	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt
Reinigungsleistung CSB (85 %-Perzentil)	95 %	k.A.	95 %	k.A.	96 %	k.A.
Reinigungsleistung N_{tot} (Mittelwert)	69 %	k.A.	73 %	k.A.	74 %	k.A.
Reinigungsleistung N_{tot} (15 %-Perzentil)	60 %	k.A.	68 %	k.A.	66 %	k.A.
Reinigungsleistung N_{tot} (85 %-Perzentil)	77 %	k.A.	79 %	k.A.	80 %	k.A.
Reinigungsleistung P (85 %-Perzentil)	97 %	k.A.	97 %	k.A.	98 %	k.A.

* Ein gutes CSB:N-Verhältnis für die Denitrifikation liegt bei etwa 8.

Verfahrenstechnik

Allgemein

Aufenthaltszeit Vorklärbecken (Tageszuläufe Mittelwert) **Minimum** **Mittelwert** **Maximum**	(Volumen: 1'200 m^3) 33 min 85 min 151 min
Q_{max}/Q_{TW}	3.7
Verfahren Biologie	Belebtschlamm konventionell
Anzahl Strassen Biologie	4
Schlammalter (gesamt)	16 Tage (Durchschnitt 2022-2023, IPS)
Spezifisches Biologievolumen (exkl. Nachklärung)	121 l/Einwohnerwert (dimensioniert) 152 l/Einwohnerwert (Auslastung CSB Zulauf, 85 %- Perzentil)
Interne Rezirkulation	Nein
Bewirtschaftung Bivalentzone	Seit November 2023 intermittierend, vorher ganzjährig dauerbelüftet
Überschussschlammabzug	Direkt zur Eindickung (nicht über Vorklärung)

Einteilung und Ausrüstung Biologie

	Volumen	Ausrüstung	Betriebsweise
Kompartiment 1	650 m^3	Rührwerk	Anoxisch
Kompartiment 2	541 m^3	Rührwerk, Belüftung, O_2-Sonde	Aerob (Strasse 2 aerob bis Okt 23, dann anox und intermittierend)
Kompartiment 3	541 m^3	Rührwerk, Belüftung, O_2-Sonde	Aerob (Strasse 2 aerob bis Nov 23, dann intermittierend)
Kompartiment 4	669 m^3	Rührwerk, Belüftung, O_2-Sonde	Aerob
Kompartiment 5	625 m^3	Rührwerk, Belüftung, O_2-Sonde	Aerob

Fällung und Besonderheiten

Chemische Stufe	Phosphatfällung (simultan in Biologie mit Eisensalzen), 1/3 von gesamten P-Elimination (Rest – Bio-P)
Sonstiges	Fremdschlammannahme: selten Nebenstrombehandlung: keine CoSubstrat-Annahme: regulär Toi-Toi und Contreag eigene Schlammentwässerung: ja externe C-Quelle: keine allfällige besondere Zusammensetzung der Stickstoffbelastung: 50% des Abwassers kommt von Industrie, keine Stossbelastung

Erreichte Stickstoffelimination der Biologie

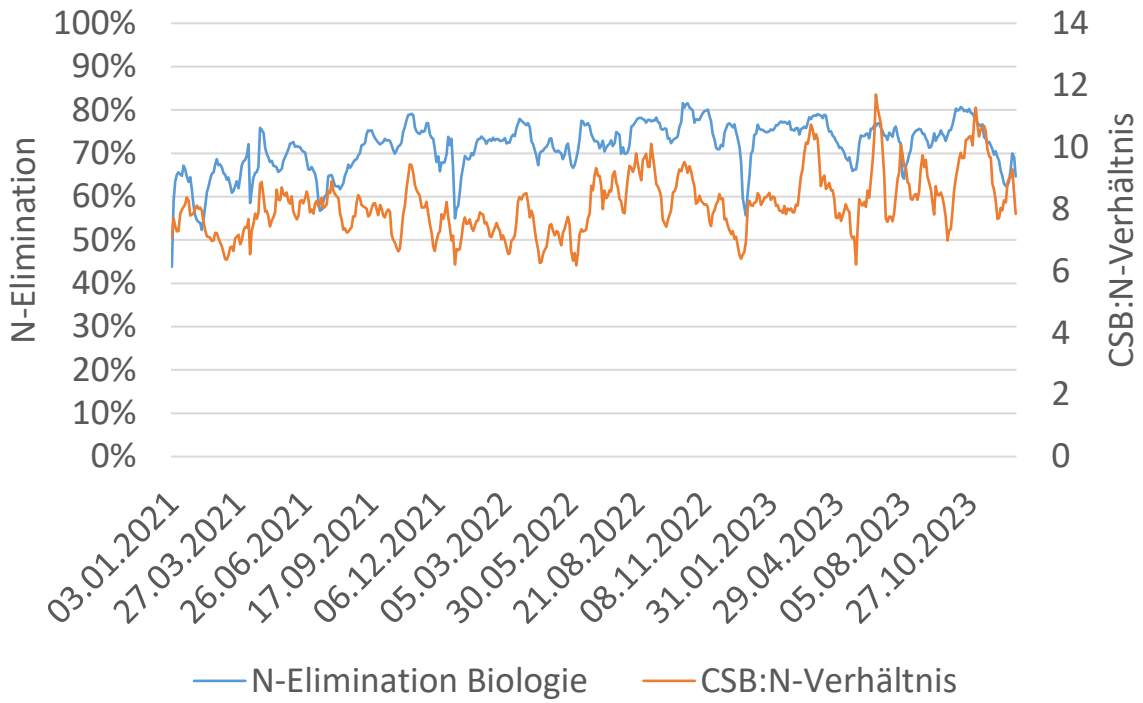
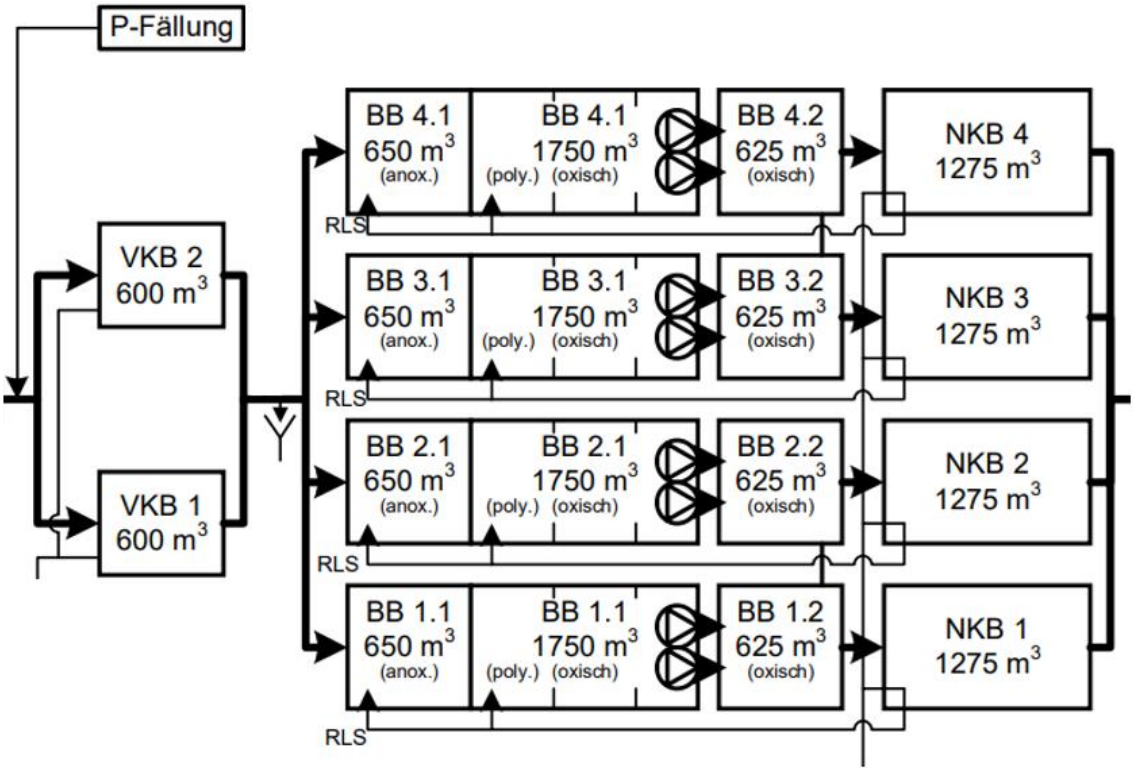


Abbildung 5: Der Verlauf der Stickstoffelimination und des CSB:N-Verhältnisses im gleitenden Mittel über 7 Werte.

Verfahrensbeschrieb Stickstoffelimination

Die ARA Neugut erreicht im Jahresdurchschnitt eine Stickstoffelimination von über 70 %. Die Stickstoffelimination erfolgt mit vorgeschalteter Denitrifikation, begünstigt durch ein vorteilhaftes Nährstoffverhältnis.
Die biologische Reinigungsstufe der ARA besteht aus vier Strassen, auf die das Abwasser gleichmässig verteilt wird. Jede Strasse setzt sich aus einer anoxischen Zone und vier belüfteten Zonen zusammen. Der Rücklaufschlamm wurde bis 2023 konstant mit 100 l/s pro Strasse abgeführt, was etwa 200 % des Zulaufvolumens des Abwassers in der biologischen Behandlung entsprach. Ab 2023 wurde der Rücklauf in Strasse 2 schrittweise auf zulaufproportional (50 %) umgestellt. Das Ziel dieser Massnahme war die Förderung des Granulenwachstums.
Die automatisierte Luftzufuhr erfolgt über Membranteller am Boden der Becken und ist so geregelt, dass die gelöste Sauerstoffkonzentration konstant gehalten wird. Zusammen mit der Anpassung des Rücklaufschlamms wurde in Strasse 2 eine intermittierende Belüftung eingeführt, um die Denitrifikationsleistung zu optimieren.
Als Besonderheit erfolgt die biologische Reinigung auf der ARA Neugut auf zwei Stockwerken. Die vierte belüftete Zone befindet sich im Obergeschoss, ebenso wie das Nachklärbecken, weshalb etwa 25 % des gesamten Energieverbrauchs der ARA für das Pumpen des Abwassers in die zweite Etage entfällt. Der Energieaufwand für die biologische Behandlung trägt mit etwa 50 % zum gesamten Energieverbrauch der ARA bei.

Verfahrensschema Biologie



Kontakt

ARA Neugut
Nathalie Hubaux
www.neugut.ch
Tel.: 044 818 80 20
Mail: info@neugut.ch

Weitere Informationen: https://www.aquaetgas.ch/aktuell/prolog/20250203_herausfordernder-weg-in-nachhaltige-zukunft/

6 ARA REGION STETTEN

Verfahren: Sequence Batch Reactor (SBR) mir Gradientenregelung

Dimensionierung, Auslastung, Kennzahlen

Ausbaugrösse und Auslastung

		Auslastung (85 %)		
	Ausbaugrösse	**2021**	**2022**	**2023**
Einwohnerwerte CSB (120 g/d)	19'500	14'800	15'400	16'000
Einwohnerwerte N (11 g/d)	19'500	14'800	13'800	13'800

Abwasserfracht und Reinigungsleistung

	2021		**2022**		**2023**	
Mittlere behandelte Abwassermenge [l/s] **Qmax,behandelt [l/s]**	72 125		55 119		62 124	
Mittlere Zulaufkonzentration N_{tot} [mg/l]	29		36		46	
Mittlere Ablaufkonzentration N_{ges} [mg/l]	10		9		9	
CSB-Fracht Zulauf Biologie* (Mittelwert) [kgCSB/d]	1'188		1'240		1'293	
N-Fracht Zulauf Biologie* (Mittelwert) [kgN/d]	143		134		134	
P-Fracht Zulauf Biologie* (Mittelwert) [kgP/d]	3.6		4.6		4.0	
CSB:N:P-Verhältnis (Zulauf Biologie) **CSB:N****	100:9:1.4 8.3		100:8:1.3 9.3		100:8:1.2 9.7	
	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt
Reinigungsleistung CSB (85 %-Perzentil)	94 %	96 %	96 %	97 %	96 %	97 %
Reinigungsleistung N_{tot} (Mittelwert)	63 %	67 %	71 %	75 %	70 %	74 %
Reinigungsleistung N_{tot} (15 %-Perzentil)	53 %	59 %	64 %	69 %	59 %	64 %
Reinigungsleistung N_{tot} (85 %-Perzentil)	73 %	76 %	79 %	82 %	83 %	85 %
Reinigungsleistung P (85 %-Perzentil)	93 %	95 %	94 %	95 %	98 %	98 %

* Die Zulaufwerte der Biologie wurden anhand der ARA-Zulaufdaten und der Eliminationsraten einzelner Probetage ermittelt (C: 33 %, N: 12 %, P: 21 %).
** Ein gutes CSB:N-Verhältnis für die Denitrifikation liegt bei etwa 8.

Verfahrenstechnik

Allgemein

Aufenthaltszeit Vorklärbecken (230 m³) (Tageszulauf) **Minimum (Regenwetterzulauf max.)** **Mittel** **Maximum**	 36 min 71 min 165 min
Verfahren Biologie	SBR
Anzahl Strassen Biologie	3 SBR
Schlammalter (gesamt)	10 - 12 Tage
Spezifisches Biologievolumen (exkl. Nachklärung)	230 l/EW (dimensioniert) 290 l/EW (gemäss 85%-Auslastung CSB)
Überschussschlammabzug	Direkt zur Eindickung (nicht über VKB)

Einteilung und Ausrüstung Biologie SBR mit dynamischer Regelung

	Volumen	Ausrüstung	Betriebsweise
Kompartiment 1	1490m³	Rührwerk, Belüftung, ISE Sonde, O_2-Sonde	240/360 min
Kompartiment 2	1490 m³	Rührwerk, Belüftung, ISE Sonde, O_2-Sonde	240/360 min
Kompartiment 3	1490 m³	Rührwerk, Belüftung, ISE Sonde, O_2-Sonde	240/360 min

Fällung und Besonderheiten

Chemische Stufe	Phosphatfällung in die Beschickungsleitung SBR (Aluminium-Salze)
Sonstiges	Schlammentwässerung, Mikrogasturbine

Erreichte Stickstoffelimination der Biologie

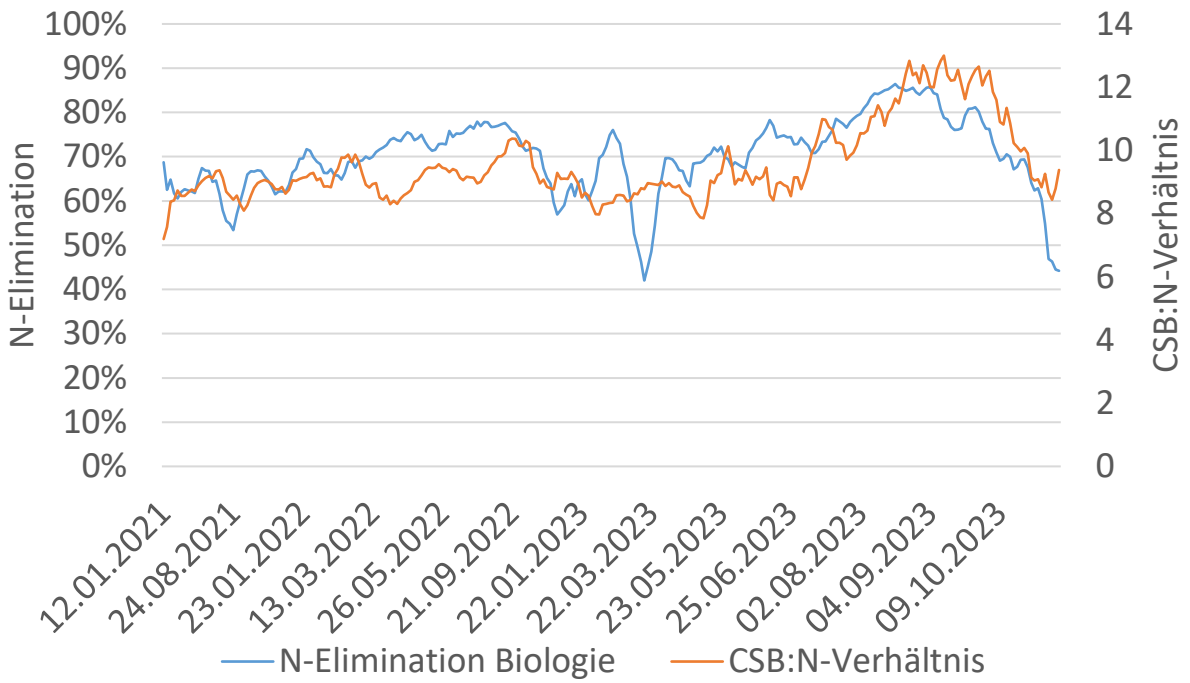
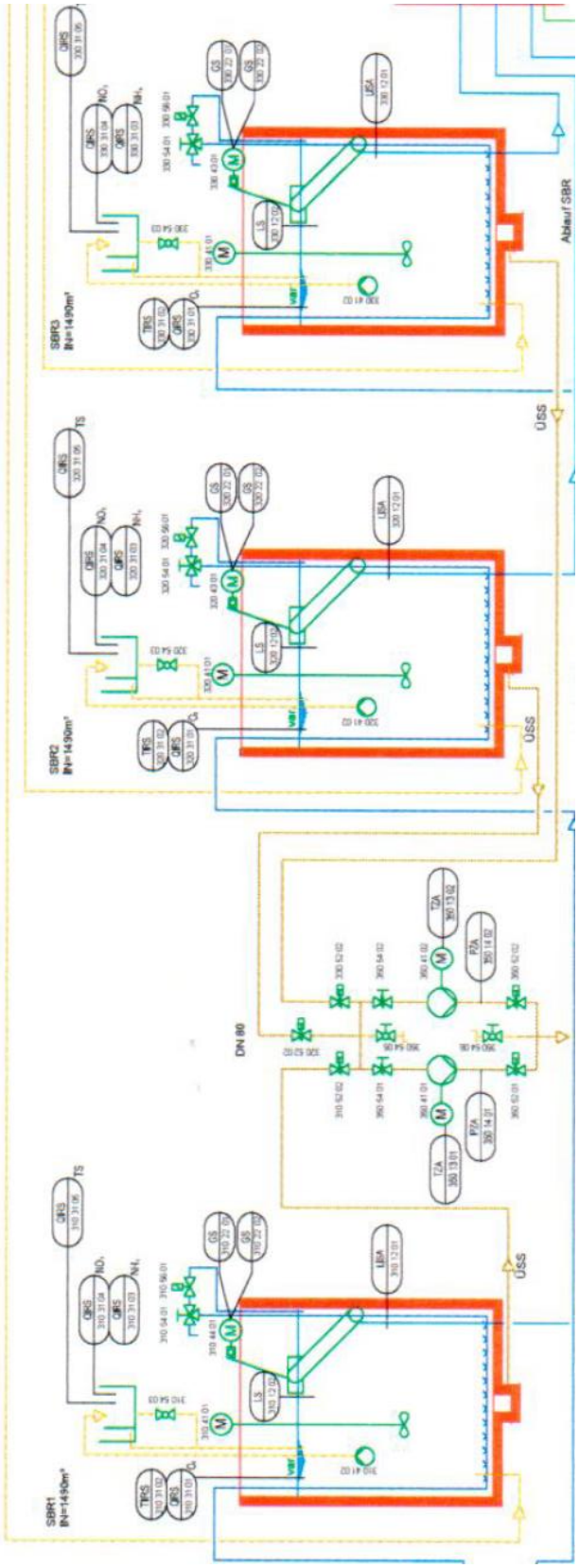


Abbildung 6: Der Verlauf der Stickstoffelimination und des CSB:N-Verhältnisses im gleitenden Mittel über 7 Werte.

Verfahrensbeschrieb Stickstoffelimination

Die ARA Stetten erreicht im Jahresmittel eine Stickstoffelimination von rund 75 %. Begünstigt wird dies durch ein günstiges Nährstoffverhältnis (CSB:N-Verhältnis). Seit der Betrieb der Anlage von einer zeitbasierten Beschickung auf eine dynamische Prozessregelung umgestellt wurde, konnte die Stickstoffelimination deutlich gesteigert werden.
Beim SBR-Verfahren (Sequence Batch Reactor) erfolgen alle Prozessschritte (Nitrifikation, Denitrifikation, Sedimentation) nacheinander in einem Behälter. Wichtig ist dabei, dass die Dauer der Zyklen optimiert sind. Auf der ARA Stetten wurde hierfür eine Gradientenregelung implementiert und es wird als zusätzlicher Parameter auch die Wetterprognose berücksichtigt.
Bei der Gradientenregelung wird mit ionenselektiven Sonden die Konzentrationsänderung von Ammonium und Nitrat gemessen. Das Rohsignal der Messung ändert sich mit den Konzentrationsänderungen. Bleibt die Konzentration konstant, ist der Gradient null und der nächste Zyklus kann gestartet werden. Die Zyklusdauer ist damit auf die Prozessschritte optimiert und es wird die bestmögliche Reinigungsleistung erreicht. Das Rohsignal ist deutlich robuster als die Messung der Absolutkonzentration, da Sensordrift, Alterung und Störionen keinen direkten Einfluss haben. Auch entfällt dadurch der Aufwand für die Kalibrierung.
Zusätzlich zur Gradientenregelung werden auf Grundlage der Wetterprognose zwei Betriebsweisen (Trockenwetter und Regenwetter) eingestellt. Bei Regenwetter wird die Zyklusdauer verkürzt und auf eine Denitrifikationsphase verzichtet, um genug Kapazität für die Nitrifikation zu haben. Weiterhin wird der minimale Füllstand reduziert, sodass mehr Abwasser pro Zyklusdauer durchgesetzt werden kann.
Ein Fachartikel mit genauem Verfahrensbeschrieb ist unten verlinkt.

Ausschnitt R&I Biologie



Kontakt

Abwasserverband Region Stetten
Thomas Stenz
Tel.: +41 79 400 62 15
Mail: arastetten@blue-win.ch

Weitere Informationen

Aqua & Gas, 12/2024

https://cdn.prod.website-files.com/64dde35bb83c59b66c0310f6/6773d64d66503868561bbb60_242012_AG_Gradientenregelung%20ARA%20Stetten_optimiert.pdf

7 ARA THUNERSEE

Verfahren: Belebtschlamm mit biologischer Phosphorelimination, Anammox

Dimensionierung, Auslastung, Kennzahlen

Ausbaugrösse und Auslastung

		Auslastung (85 %)		
	Ausbaugrösse	**2021**	**2022**	**2023**
Einwohnerwerte CSB (120 g/d)	200'000	169'000	176'000	166'000
Einwohnerwerte N (11 g/d)	200'000	165'000	163'000	170'000
Einwohnerwerte Q (180 l/d)	200'000	182'000	163'000	174'000

Abwasserfracht und Reinigungsleistung

	2021		**2022**		**2023**	
Mittlere behandelte Abwassermenge [l/s] **$Q_{Trockenwetter}$ [l/s]** **Qmax,behandelt [l/s]**	-- 380 1'390		-- 339 1'390		-- 362 1'390	
Mittlere Zulaufkonzentration N_{tot} [mg/l]	42.0		49.0		45.3	
Mittlere Ablaufkonzentration N_{tot} [mg/l]	8.93		11.0		10.09	
CSB-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgCSB/d]	9'932		9'547		9'109	
N-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgN/d]	1'447		1'434		1'475	
P-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgP/d]	212		211		205	
CSB:N:P-Verhältnis (Zulauf Biologie)	47:7:1		45:7:1		44:7:1	
CSB:N*	6.9		6.7		6.2	
	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt
Reinigungsleistung CSB (85 %-Perzentil)	88 %	96 %	91 %	97 %	88 %	96 %
Reinigungsleistung N_{tot} (Mittelwert)	70 %	79 %	74 %	77 %	74 %	78 %
Reinigungsleistung N_{tot} (85 %-Perzentil)	66 %	75 %	71 %	72 %	74 %	74 %
Reinigungsleistung P (85 %-Perzentil)	83 %	98 %	85 %	98 %	84 %	98 %

* Das optimale CSB:N-Verhältnis für die Denitrifikation liegt bei etwa 8.

Verfahrenstechnik
Allgemein

Aufenthaltszeit Vorklärbecken (Tageszulauf), Volumen: 2x3'500 m³ **Trockenwetter (350 l/s)** **Regenwetter (1'390 l/s)**	170 min (nur Vorklärbecken) 84 min (Vorklärbecken und Durchlaufbecken)
Verfahren Biologie	Belebschlammverfahren mit biologischer P-Elimination
Q_{max}/Q_{TW}	3.8
Anzahl Strassen Biologie	2
Schlammalter (gesamt)	15 - 20 Tage
Spezifisches Biologievolumen (exkl. Nachklärung)	125 l/Einwohnerwert (dimensioniert) 147 l/Einwohnerwert (Auslastung CSB; 85 %-Perzentil)
Interne Rezirkulation	Ja, im Dauerbetrieb von Kompartiment 4 ins Kompartiment 2. Bei Trockenwetter: 600 l/s (gesamt für alle Strassen) Bei Regenwetter: 200 l/s
Intermittierende Zone oder bivalente Zone	Eine Zone wird intermittierend betrieben: 20 Min belüftet/ 20 Min nicht belüftet
Überschussschlammabzug	Der ÜSS wird aus dem RS abgezogen. Ein Abzug über die Vorklärung ist wegen der Bio-P-Anlage nicht möglich.

Einteilung und Ausrüstung Biologie

	Volumen	**Ausrüstung**	**Betriebsweise**
Kompartiment 1	4* 930 m³	Rührwerk	Anaerob
Kompartiment 2	4* 930 m³	Rührwerk	Anoxisch
Kompartiment 3	4*2‘290 m³	Belüftung, O_2-Sonde	intermittierend
Kompartiment 4	4* 2‘100m³	Belüftung, O_2-Sonde, NH_4-Analyser	aerob

Besonderheiten

EMV-Stufe	Die Elimination von Mikroverunreinigungen erfolgt mittels Ulmer-Verfahren. Das für die Flockenbildung benötigte Eisen wird auch für die Fällung von Restphosphor aus der biologischen Stufe (Bio-P) verwendet.
Sonstiges	- Sehr grosses Einzugsgebiet mit langen Fliesszeiten. Dadurch gibt es vor allem in heissen, trockenen Sommern eine C-Limitierung in der ARA durch C-Abbau in der Kanalisation und folglich schlechte Bedingungen für Bio-P und Denitrifikation in dieser Zeit. - Faulwasserbehandlung mit DEMON®-Verfahren, z.Z. Rückführung des behandelten Faulwasser in den Zulauf, zukünftig (nach Fertigstellung Sanierung) auch möglich in Anoxzone der Biologie

Erreichte Stickstoffelimination der Biologie

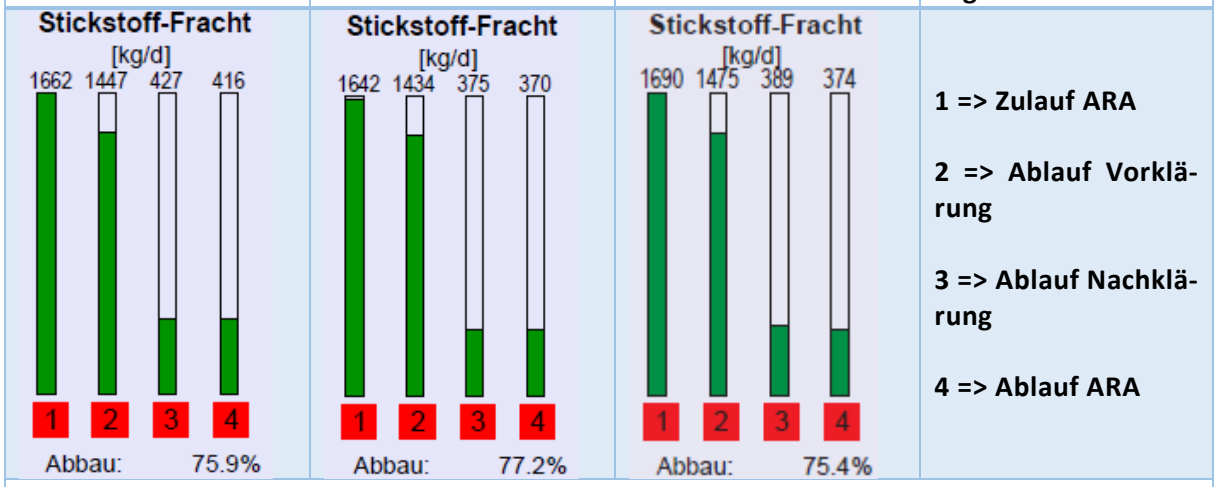


Abbildung 1: *Gesamt-Stickstofffrachten in kg/Tag sowie die N-Elimination in % berechnet über den Mittelwert im Jahresmittel*

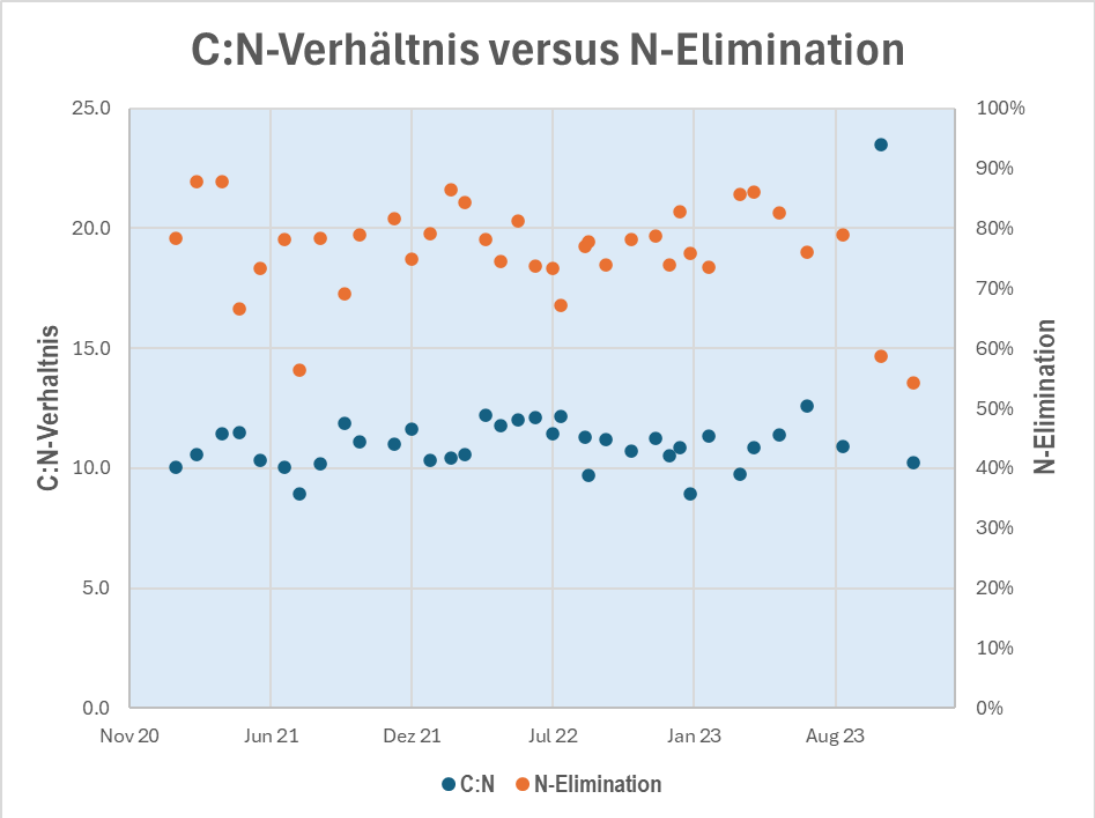


Abbildung 2: *Der Verlauf der Stickstoffelimination in % (orange) und des CSB:N-Verhältnisses einheitenfrei (blau) über die Jahre 2021 bis 2023. Die Werte stammen aus einer mengenproportionalen 24h-Mischprobe des jeweiligen Monats im Zulauf der ARA (Durchschnittswert in Tabelle oben bezieht sich auf Zulauf Biologie).*

Verfahrensbeschrieb Stickstoffelimination

Die ARA Thunersee erreicht im Jahresmittel ein Stickstoffelimination von 75% bis 79%. Im Winter ist die ARA an einigen wenigen, sehr kalten Tagen volumenlimitiert und im Sommer kohlenstofflimitiert aufgrund der langen Aufenthaltszeiten und einem Abbau im Kanalnetz – beide Effekte beeinflussen zuerst die biologische Phosphorelimination, später auch die Denitrifikation. Diese Effekte sind in einer Jahres- und/oder Gesamtbetrachtung jedoch eher vernachlässigbar.

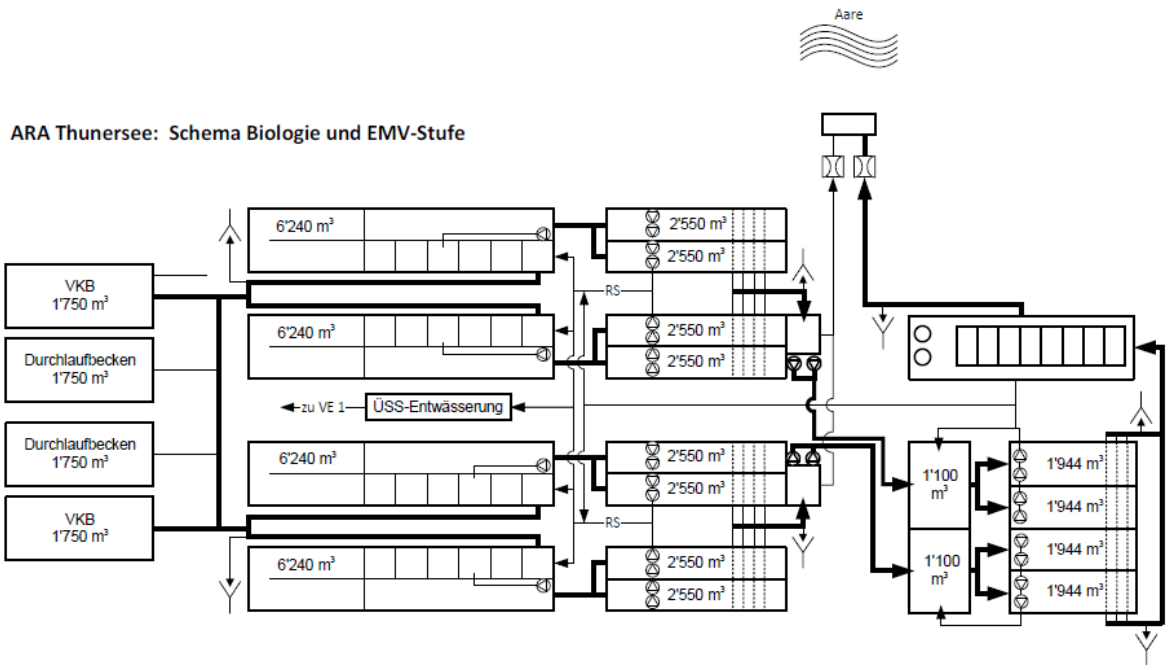
Verfahrenstechnisch wird die ARA in zwei Strassen betrieben. Je zwei Biologiebecken gehören zu einer Strasse. Jedes Biologiebecken verfügt über die folgenden Kompartimente:

1. Anaerobe Zone: 3 oder 2 gerührte Kompartimente à 310m^3
2. Anoxische Zone: 3 oder 4 gerührte Kompartimente à 310m^3
3. Intermittierende Zone: 1 belüftetes Kompartiment à 2'290m^3, (wird 15 Minuten belüftet, dann 15 Minuten nicht belüftet).
4. Aerobe Zone: 1 belüftetes Kompartiment à 2'100m^3.

Der hohe Stickstoffabbau wird in erster Linie durch die ganzjährig betriebene, gut funktionierende Denitrifikation erreicht. Der hohe Anteil der internen Rezirkulation sorgt für einen hohen Nitrat-Abbau. Da die ARA über eine ganzjährig betriebene biologische Phosphorelimination verfügt, muss das anoxische Rezirkulationswasser hinter die anaerobe Zone gebracht werden (siehe Schema unten).
Der Rücklaufschlamm aus den Nachklärbecken wird in den Zulauf der Biologiebecken gepumpt. Da das Wasser aus den Nachklärbecken signifikante Nitrat-Konzentration aufweist, wird der Rücklaufschlamm möglichst stark eingedickt (19-25 g TS/l), um so die Nitratfrachten in der anaeroben Zone so gering wie möglich zu halten.

Für die Behandlung des mit Ammonium hochbelastetem Stickstoff wird eine separate Anammox-Anlage betrieben. Mit dieser wird durchschnittlich rund 300 kg Stickstoff eliminiert, was rund 20 % der Zulauffracht entspricht. Dies ist eine wesentliche Entlastung der regulären Biologie, die sonst auch durch die verarbeiteten Fremdschlämme wesentlich höher belastet wäre.

Verfahrensschema Biologie und MV-Stufe



Kontakt

ARA Thunersee
Ingo Schoppe
www.arathunersee.ch
Tel.: +41 33 346 03 71
Mail: schoppe@arathunersee.ch

8 ARA FLOS (WETZIKON)

Verfahren: Belebtschlamm A/I

Dimensionierung, Auslastung, Kennzahlen

Ausbaugrösse und Auslastung

		Auslastung (85 %)		
	Ausbaugrösse	**2021**	**2022**	**2023**
Einwohnerwerte CSB (120 g/d)	37'000	45'000	44'000	41'000
Einwohnerwerte N (11 g/d)	37'000	34'000	31'000	31'000

Abwasserfracht und Reinigungsleistung

	2021		**2022**		**2023**	
Mittlere behandelte Abwassermenge [l/s] **Qmax,behandelt [l/s]**	140 394		112 323		128 350	
Mittlere Zulaufkonzentration N_{ges} [mg/l]	32		33		29	
Mittlere Ablaufkonzentration N_{ges} [mg/l]	19		14		12	
CSB-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgCSB/d]	2'348		1'974		2'205	
N-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgN/d]	392		328		314	
P-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgP/d]	54		59		60	
CSB:N:P-Verhältnis (Zulauf Biologie) **CSB:N-Verhältnis**	100:17:2 6.0		100:17:3 6.0		100:14:3 7	
	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt
Reinigungsleistung CSB (85 %-Perzentil)	96 %	98 %	95 %	98 %	96 %	98 %
Reinigungsleistung N (Mittelwert)	47 %	38 %	61 %	57 %	60 %	56 %
Reinigungsleistung N_{tot} (15 %-Perzentil)	21 %	12 %	38 %	32 %	43 %	31 %

Reinigungsleistung N (85 %-Perzentil)	70 %	63 %	80 %	79 %	80 %	79 %
Reinigungsleistung P (85 %-Perzentil)	99 %	99 %	99 %	99 %	99 %	99 %

* Ein gutes CSB:N-Verhältnis für die Denitrifikation liegt bei etwa 8.

Verfahrenstechnik

Allgemein

Aufenthaltszeit Vorklärbecken (Tageszulauf) **Minimum** **Mittel** **Maximum**	 28 min 86 min 175 min
Verfahren Biologie	Belebtschlamm (alternierend/intermittierend)
Q_{max}/Q_{TW}	3.7
Anzahl Strassen Biologie	2
Schlammalter (gesamt)	10 Tage
Spezifisches Biologievolumen (exkl. Nachklärung)	168 l/Einwohnerwert (dimensioniert) 143 l/Einwohnerwert (Auslastung CSB; 85 %- Perzentil)
Interne Rezirkulation	Nein
Bewirtschaftung Bivalentzone	Alternierend/intermittierend
Überschussschlammabzug	Direkt zur Eindickung (nicht in Vorklärung)

Einteilung und Ausrüstung Biologie

	Volumen	**Ausrüstung**	**Betriebsweise**
Becken 1, Strasse 1	2070 m^3	Rührwerk, Belüftung, NH_4-Sonde, O_2-Sonde, Temp.	A/I
Becken 2, Strasse 1	2070 m^3	Rührwerk, Belüftung, NH_4-Sonde, O_2-Sonde, Temp.	A/I
Becken 1, Strasse 2	1035 m^3	Rührwerk, Belüftung, NH_4-Sonde, O_2-Sonde, Temp.	A/I
Becken 2, Strasse 2	1035 m^3	Rührwerk, Belüftung, NH_4-Sonde, O_2-Sonde, Temp.	A/I

Fällung und Besonderheiten

Chemische Stufe	Phosphatfällung (simultan in Biologie mit Eisensalzen / Aluminiumsalzen)
Sonstiges	PAK-Dosierung direkt in die Belebungsbecken

Erreichte Stickstoffelimination der Biologie

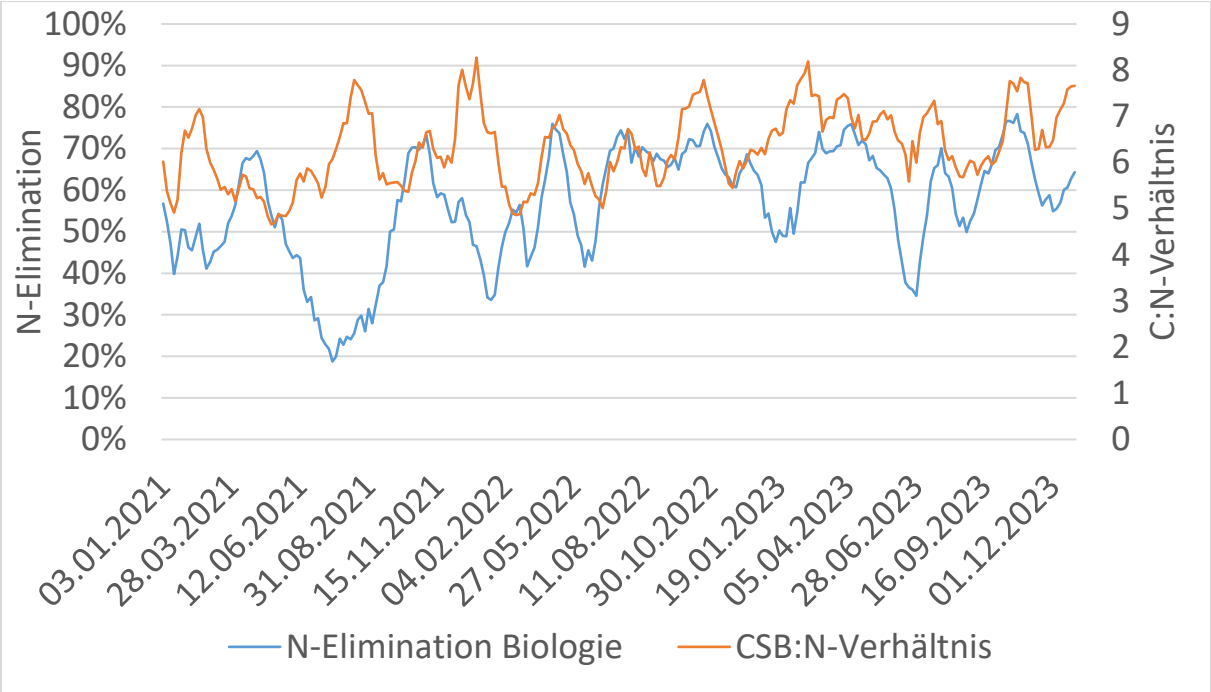
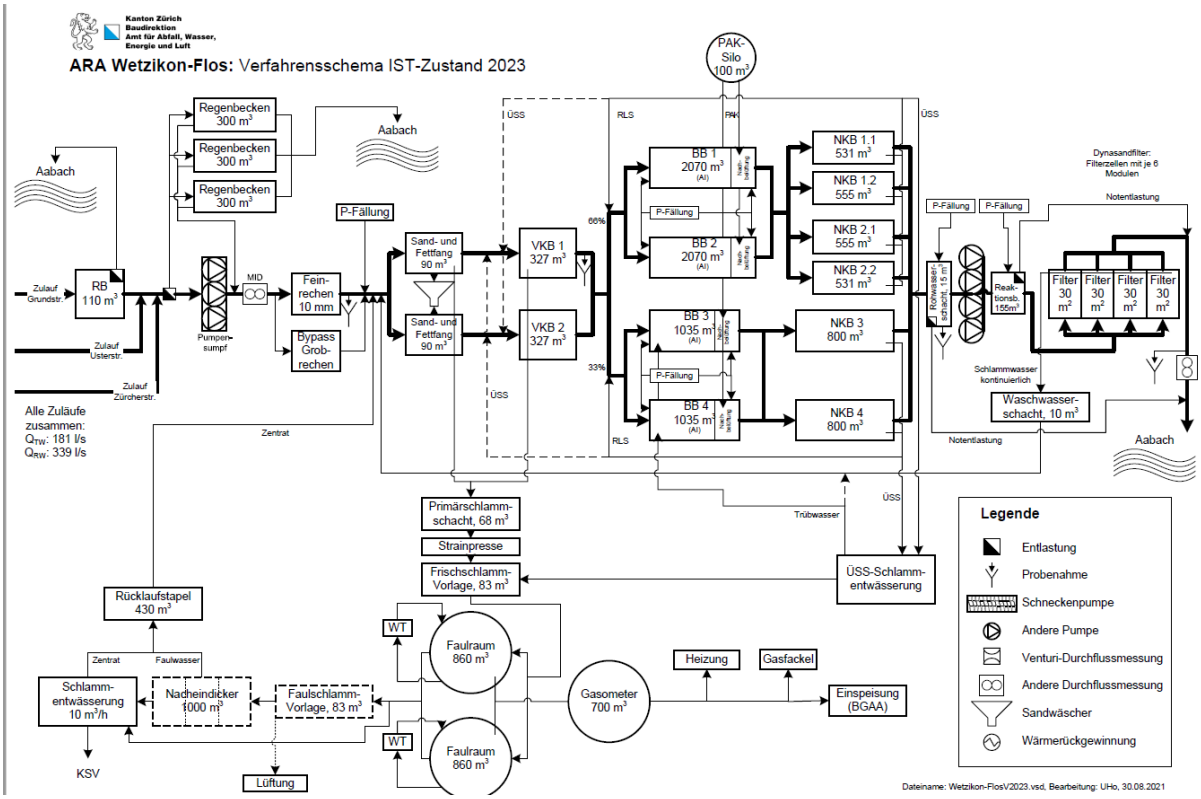


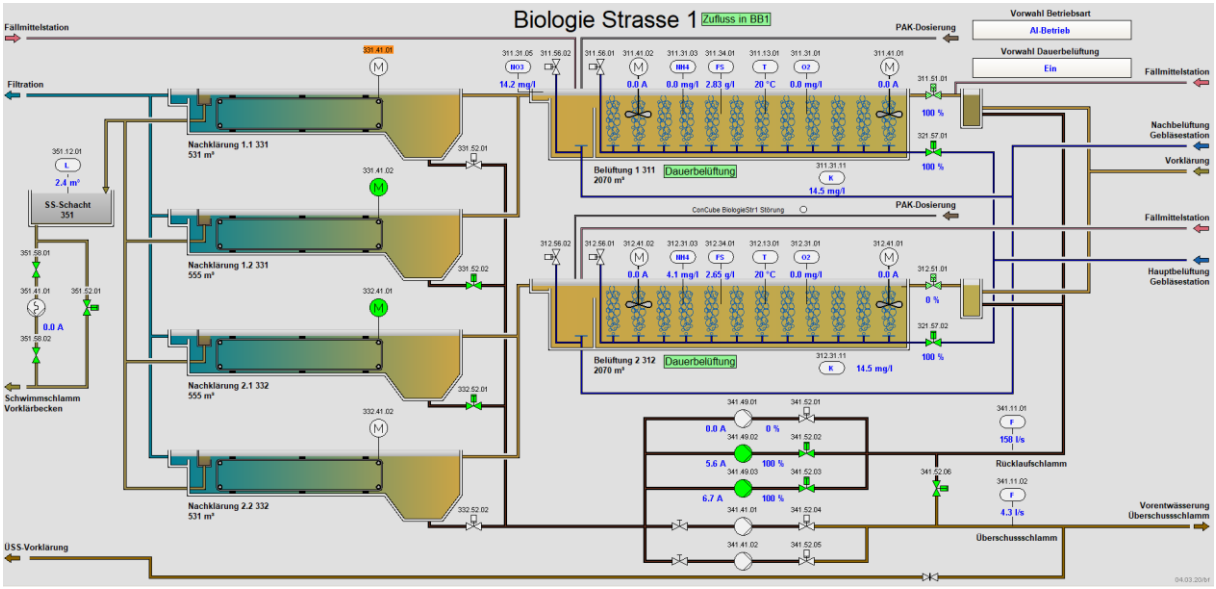
Abbildung 7: Der Verlauf der Stickstoffelimination und des CSB:N-Verhältnisses als gleitendes Mittel über 7 Werte.

Verfahrensbeschrieb Stickstoffelimination

Die ARA Flos erreicht in den Jahren 2022 und 2023 eine Stickstoffelimination von knapp 60 %. Die Auslastung der ARA ist höher als ihre Dimensionierung, was die ARA in ihrer Stickstoffelimination limitiert. Mit dem Wegfall der Entwässerung von Fremdschlamm konnte die Stickstoffeliminationsleistung ab dem Jahr 2020 erheblich verbessert werden. Zudem wurde die Zentratwasserdosierung optimiert. Das Zentratwasser wird anhand der Ammoniumkonzentrationen im Zulauf, Ablauf NKB sowie den Biologiebecken dosiert.
Die Biologiesteuerung wurde im Jahr 2022/2023 weiter optimiert. Die ARA wird mit dem A/I-Verfahren (alternierend/intermittierend) betrieben. Ein grosser Teil der Belüftungsbecken wird entweder gerührt oder belüftet, gefolgt von der durchgehend laufenden Nachbelüftung.

Verfahrensschema und R&I Biologie





Kontakt

ARA Flos
Thomas Bhend
ara@wetzikon.ch
Tel.: +41 44 933 65 30
Mail: thomas.bhend@wetzikon.ch

9 KLÄRANLAGE KAMEN (DEUTSCHLAND)

Verfahren: Kaskadendenitrifikation

Dimensionierung, Auslastung, Kennzahlen

Ausbaugrösse und Auslastung

		Auslastung (85 %)		
	Ausbaugrösse	**2021**	**2022**	**2023**
Einwohnerwerte CSB (120 g/d)	160'000	140'000	135'000	133’000
Einwohnerwerte N (11 g/d)	160'000	136'000	135'000	147'000

Abwasserfracht und Reinigungsleistung

	2021		**2022**		**2023**	
Mittlere behandelte Abwassermenge [l/s]	405		402		635	
CSB-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgCSB/d]	9'350		9'784		8'746	
Mittlere Zulaufkonzentration N_{tot} [mg/l]	41		42		30	
Mittlere Ablaufkonzentration N_{tot} [mg/l]	7		9		8	
N-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgN/d]	1'191		1'229		1'255	
P-Fracht Zulauf Biologie (Mittelwert) [kgP/d]	151		169		150	
CSB:N-Verhältnis (Zulauf Biologie, Mittelwert)*	7.9		8.0		7.0	
	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt	Biologie	ARA gesamt
Reinigungsleistung CSB (85 %-Perzentil)	95 %	97 %	95 %	97 %	95 %	97 %
Reinigungsleistung N (Mittelwert)	80 %	82 %	75 %	77 %	68 %	68 %
Reinigungsleistung N_{tot} (15 %-Perzentil)	71 %	73 %	61 %	63 %	50 %	55 %

Reinigungsleistung N_{tot} (85 %-Perzentil)	88 %	89 %	88 %	89 %	83 %	85 %
Reinigungsleistung P (85 %-Perzentil)		97 %		97 %		95 %

* Ein gutes CSB:N-Verhältnis für die Denitrifikation liegt bei etwa 8.

Verfahrenstechnik

Allgemein

Aufenthaltszeit Vorklärbecken (Tageszulauf) **Minimum** **Mittelwert** **Maximum**	(Volumen Vorklärung: 2'083 m^3) 22 min 72 min 201 min
Verfahren Biologie	Kaskadendenitrifikation, 3-stufig
Anzahl Strassen Biologie	1
Schlammalter (gesamt)	14.4 Tage (Bemessungsschlammalter), Regelung Abzug nach TS
Spezifisches Biologievolumen (exkl. Nachklärung)	170 l/Einwohnerwert (dimensioniert) 200 l/Einwohnerwert (Auslastung CSB)
Überschussschlammabzug	Abzug und Eindickung direkt (nicht über Vorklärung)

Einteilung und Ausrüstung Biologie

	Volumen	**Ausrüstung**	**Betriebsweise**
Anaerobbecken 1	2'948 m^3	4 Kompartimente (seriell), Rührwerk Zulauf: 40 % (→ Kaskade 1) + interne Rezirkulation aus Deni1 (Summe: 100%)	Bio-P, Anaerobbecken
Kaskade 1 (Deni)	3'596 m^3	2 Kompartimente (2 Rührwerke),	anoxisch
Kaskade 1 (Nitri)	4'495 m^3	Belüftung, 2 O2-Messungen	aerob
Kaskade 2	3'596 m^3	2 Kompartimente (2 Rührwerke),	anoxisch
Kaskade 2	4'495 m^3	Belüftung, 2 O2-Messungen	aerob
Kaskade 3	3'596 m^3	2 Kompartimente (2 Rührwerke),	anoxisch
Kaskade 3	4'495 m^3	Belüftung, 2 O2-Messungen	aerob

Fällung und Besonderheiten

Chemische Stufe	Bio-P, Fällung Ablauf Biologie
Sonstiges	Fremdschlammannahme, Trübwasserbehandlung

Erreichte Stickstoffelimination Biologie

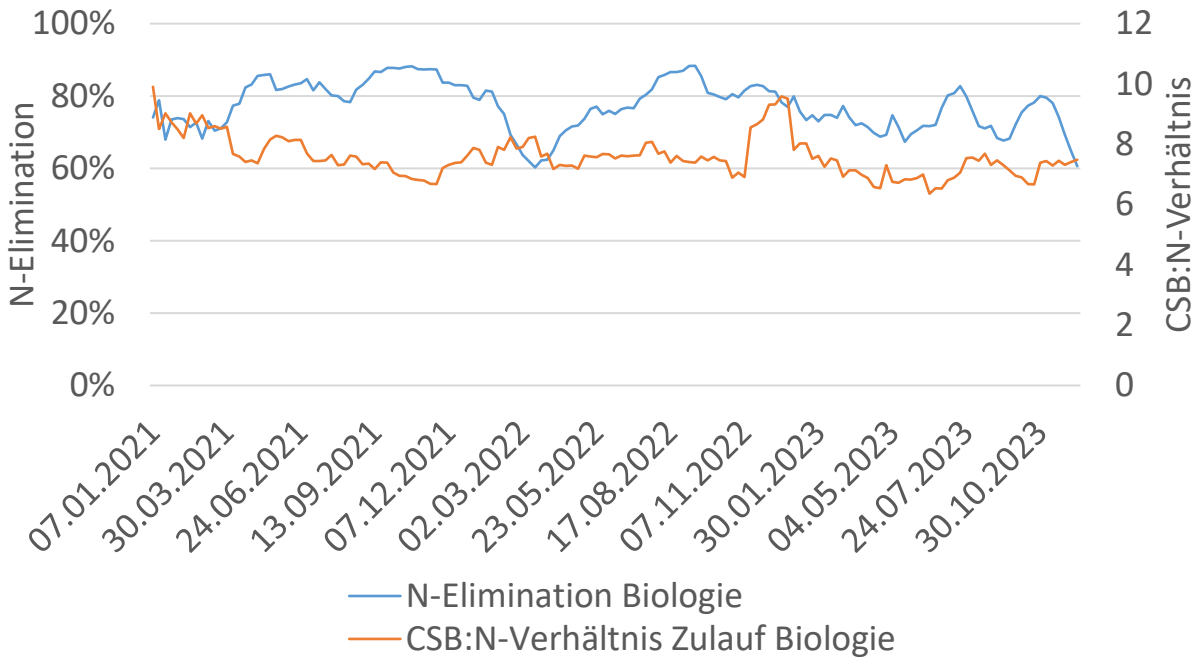


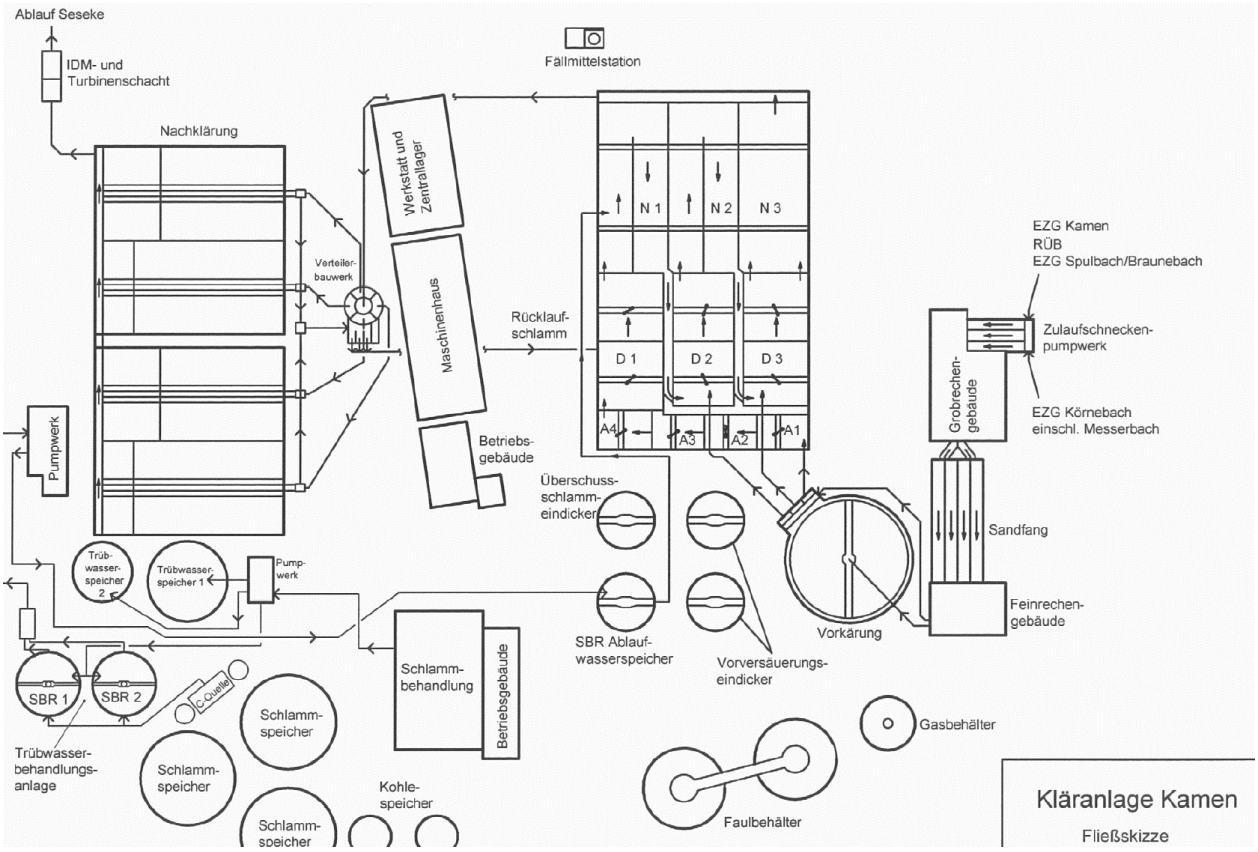
Abbildung 8: Der Verlauf der Stickstoffelimination und des CSB:N-Verhältnisses im gleitenden Mittel über 7 Werte.

Verfahrensbeschrieb Stickstoffelimination

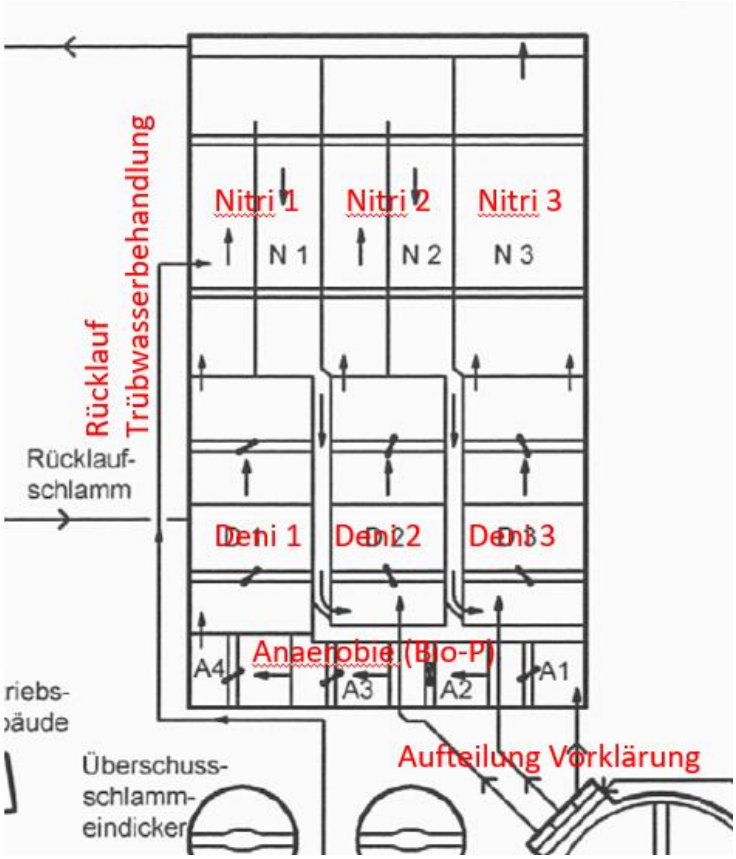
Die Kläranlage Kamen wird mit einer Kaskadendenitrifikation betrieben und erreicht eine Stickstoffelimination von >85 %. Das Nährstoffverhältnis im Zulauf der Biologie ist hierfür in einem guten Verhältnis (7 – 8). Bei der Kaskadendenitrifikation durchfliesst das Abwasser mehrere Stufen von Denitrifikation und Nitrifikation. Für die Denitrifikation des in den Nitrifikationsstufen gebildeten Nitrats muss den Denitrifikationsstufen Kohlenstoffverbindungen zugeführt werden. Auf der Kläranlagen Kamen wird das Abwasser hierfür nach der Vorklärung in die drei Kaskadenstufen verteilt und dort jeweils der Denitrifikation zugegeben. Kaskade 1 erhält 40 % des Zulaufs, Kaskade 2 32 % und Kaskade 3 28 %. Vor Kaskade 1 durchfliesst das Abwasser das Anaerobecken (4 Kompartimente, Bio-P). Die Rückläufe aus der Trübwasserbehandlung werden in Kaskade 1 der Nitrifikation zugegeben.

Verfahrensschema Kläranlage und Ausschnitt Biologie

Kläranlage Kamen



Ausschnitt Biologie



Kontakt

Emschergenossenschaft und Lippeverband
Martin Hetschel
Tel.: +49 (201) 104 - 2301
Mail: hetschel.martin@eglv.de

Weitere Informationen: Emschergenossenschaft und Lippeverband: https://www.eglv.de/