

STICKSTOFFEMISSIONEN AUS ARA REDUZIEREN

REVISION DES GEWÄSSERSCHUTZGESETZES IN VERNEHMLASSUNG

Bis März 2026 läuft die Vernehmlassung des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) zur Reduktion der Stickstoffemissionen aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen. Die Umsetzung der Gesetzesrevision wird zu einer erheblichen Erhöhung der Stickstoffelimination führen und einen wichtigen Beitrag für den Gewässerschutz leisten. Das Autorenteam hat die Grundlagenstudien und vorgeschlagenen Gesetzesänderungen zusammengefasst. Weitere gesetzliche Änderungen betreffen die Elimination von Mikroverunreinigungen, siehe hierzu Artikel Seite 26.

Simon Bitterwolf, VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen»

Michael Thomann; Roman Schäfer; Bartosz Kawecki, Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW

Rebekka Gulde, VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen»

RÉSUMÉ

RÉDUIRE LES ÉMISSIONS D'AZOTE DES STEP

Les apports d'azote dans les eaux proviennent essentiellement de l'agriculture et des stations d'épuration des eaux usées (STEP), et ont une influence négative sur les écosystèmes. En ce qui concerne le traitement de l'azote, les performances des STEP suisses ne correspondent souvent pas à l'état de la technique et sont même parfois nettement inférieures à celles observées au niveau international. La motion 20.4261 (Réduction des apports d'azote provenant des stations d'épuration des eaux usées) permet d'établir de nouvelles exigences légales. La consultation sur la modification de la loi sur la protection des eaux (LEaux) est en cours jusqu'en mars 2026. Le projet prévoit une mise en œuvre d'ici 2050 et introduit une planification cantonale pour la mise en œuvre des mesures. Les exigences concrètes imposées aux STEP seront ensuite réglées dans l'ordonnance sur la protection des eaux, qui fera l'objet d'une consultation ultérieure et entrera en vigueur en même temps que la LEaux, probablement en 2029. Près de 500 STEP sur 700 que compte la Suisse devront prendre des mesures de réduction des émissions d'azote. Les mesures requises feraient augmenter d'environ 7% les coûts annuels d'élimination de l'ensemble des eaux usées, qui s'élèvent à 2,2 milliards de francs. De nombreuses études sur la révision des bases légales ont été menées.

STICKSTOFFELIMINATION IST AUSBAUFÄHIG

In der Schweiz sind rund 700 kommunale Abwasserreinigungsanlagen (ARA) in Betrieb. Praktisch die ganze Bevölkerung ist daran angeschlossen [1]. Am weitesten verbreitet sind ARA mit einem kontinuierlichen Belebtschlammverfahren. Sie behandeln über 60% der Schmutzstofffrachten (Tab. 1). Mit dem Bevölkerungswachstum haben auch die Frachten im zu behandelnden Abwasser in den vergangenen Jahren stetig zugenommen (2010–2020: CSB +13%, Stickstoff +15%) [2]. Für CSB (Summenparameter für organische Stoffe) und Phosphor liegt die Reinigungsleistung mit dem schweizweiten Durchschnitt von >90% (Datenbasis 2020) auf einem sehr guten Niveau und konnte trotz der höheren Belastung kontinuierlich gesteigert werden.

Im Gegensatz dazu entspricht die Reinigungsleistung für Stickstoffverbindungen oftmals nicht dem Stand der Technik und liegt im internationalen Vergleich teils deutlich zurück [3]. Dies führt zu negativen Auswirkungen auf die Gewässer durch die Freisetzung von ökotoxikologisch bedenklichem Nitrit und Ammonium/Ammoniak sowie eutrophierendem Nitrat. Zudem wird das Klima durch die Emission des Treibhausgases Lachgas belastet.

* Kontakt: S. Bitterwolf, simon.bitterwolf@vsa.ch

Verfahren		Anzahl ARA Schweiz	Anteil an behandelter N-Fracht auf Schweizer ARA [%]
Belebtschlamm	Konventionell (Kontinuierliche Belebtschlammverfahren)	415	63%
	Alternierende/Intermittierende Denitrifikation	11	10%
	SBR	68	4%
	MBR	6	1%
	Hoch-Schwachlast	5	0,3%
Biofilm	Festbett	21	12%
	Wirbelbett/Hybridwirbelbett	52	6%
	Tropfkörper	57	2%
	Tauchtropfkörper	49	1%
	Pflanzenkläranlage	11	0,1%
Keine Angabe		42	0,7%

Tab. 1 Häufigkeit der verschiedenen zur Abwasserreinigung eingesetzten biologischen Verfahren in der Schweiz.

STICKSTOFFBILANZ UND BEITRAG DER ARA

Aus den Abläufen der ARA gelangen jährlich etwa 22 000 t Stickstoff in die Schweizer Gewässer. An den Gesamtmissionen von 70 000 t pro Jahr sind sie damit nebst der Landwirtschaft (32 000 t pro Jahr) der grösste Eintragspfad [4]. Stickstoff gelangt überwiegend als Harnstoff und Ammonium im Abwasser zu den ARA und wird dort in Abhängigkeit der Betriebsweise und des Ausbaustands der ARA zu Nitrit, Nitrat, Luftstickstoff und einem kleinen Anteil Lachgas umgewandelt. Bei nitrifizierenden ARA wird das Ammonium zu Nitrat und einem meist kleinen Anteil an Nitrit umgewandelt. Wird in einer ARA zusätzlich denitrifiziert, wird Nitrat bis zum inerten Luftstickstoff abgebaut und aus dem Abwasser entfernt, sprich eliminiert. Rund 30% der Schweizer ARA, mehrheitlich die kleineren ARA (<10 000 Einwohnerwerte), sind nur für den Kohlenstoffabbau ausgelegt (s. Fig. 1). In deren Ablauf liegt Stickstoff überwiegend in Form von Ammonium vor. Ein weitergehender Abbau von Nitrat in Luftstickstoff (Denitrifikation), der in zusätzlichen Prozessstufen erfolgt, findet in unterschiedlichem Masse auf rund 30% der ARA statt [3].

Im Mittel aller ARA liegt die Elimination für Stickstoff in der Schweiz aktuell bei 52% [3]. Bei einer vergleichbaren Abwasserzusammensetzung erreichen die ARA in Österreich und in Deutschland eine Stickstoffelimination von durch-

schnittlich über 80% [3, 6]. Dort wird schon länger eine höhere Stickstoffelimination gefordert. Entsprechend dieser Anforderungen werden die ARA ausgelegt und betrieben. Beispielsweise werden für ein besseres Nährstoffverhältnis in der Biologie die Vorklärunge mit einer geringeren Aufenthaltszeit betrieben, und es werden Verfahren für eine optimierte Stickstoffelimination (z. B. Kaskadendenitrifikation) eingesetzt. In der Schweiz weisen grössere ARA tendenziell eine bessere Stickstoffelimination auf als die kleineren. So beträgt diese

bei ARA der Grössenklasse 1000–10 000 Einwohnerwerte etwa 45%, bei ARA der Grössenklasse >100 000 Einwohnerwerte durchschnittlich 56% (s. Fig. 1). Weitere Unterschiede in der Stickstoffelimination gibt es zwischen den Verfahren und in Abhängigkeit davon, ob eine separate Faulwasserbehandlung betrieben wird (Fig. 2). Auch unterscheiden sich Anlagen mit demselben Verfahren voneinander, abhängig davon, ob sie für eine Nitrifikation oder Denitrifikation oder lediglich für den Kohlenstoffabbau ausgelegt wurden, und ob sie Klärschlamm behandeln.

AMMONIUM

Ammonium (NH_4^+) steht abhängig von der Temperatur und des pH-Werts im Gleichgewicht mit Ammoniak (NH_3), das für Fische akut toxisch ist. Weiterhin kann es sich auch aufgrund der eutrophierenden Wirkung negativ auf aquatische Ökosysteme auswirken [6].

In der aktuell geltenden Gewässerschutzverordnung ist für Ammonium im Ablauf von kommunalen ARA eine numerische Anforderung von 2 mg/l N und eine Elimination von 90% bei Abwassertemperaturen von mehr als 10 °C vorgeschrieben, wenn die Ammoniumkonzentration im gereinigten Abwasser eine nachteilige Auswirkung auf die Wasserqualität eines Fließgewässers hat (GSchV, Anh. 3.1 Ziff. 2 Nr. 5). Die hierfür vorgesehenen numerischen Anforderungen im Gewässer

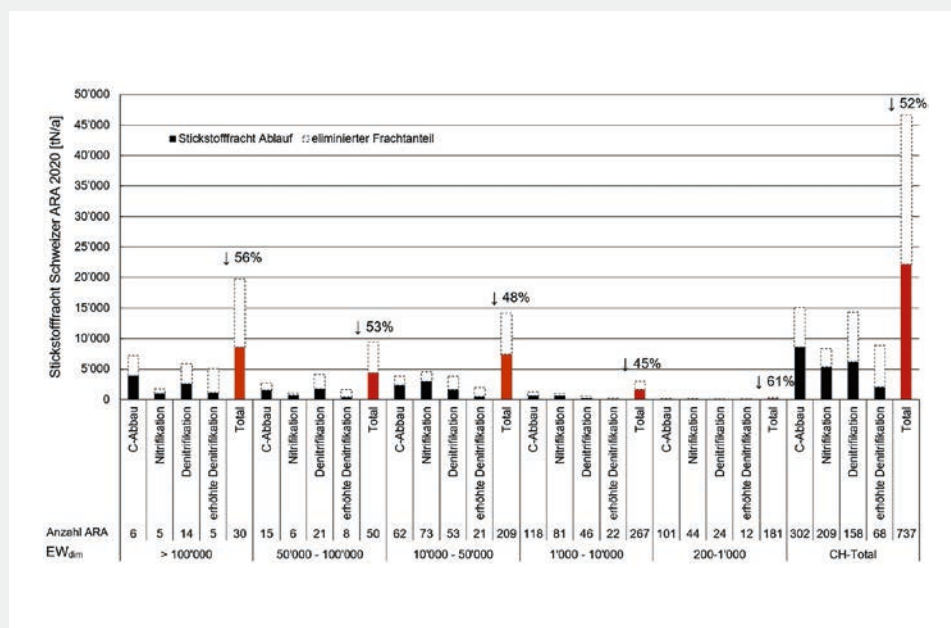


Fig. 1 Stickstofffrachten aus Schweizer ARA (2020) inkl. eliminierte Frachtanteile. Die Gesamtzahl der ARA geht auf die VSA-Kennzahlenerhebung (Stand 2020) zurück. ARA, die nicht stabil nitrifizieren, jedoch denitrifizieren, wurden unter «Denitrifikation» respektive «erhöhte Denitrifikation» klassiert [3].

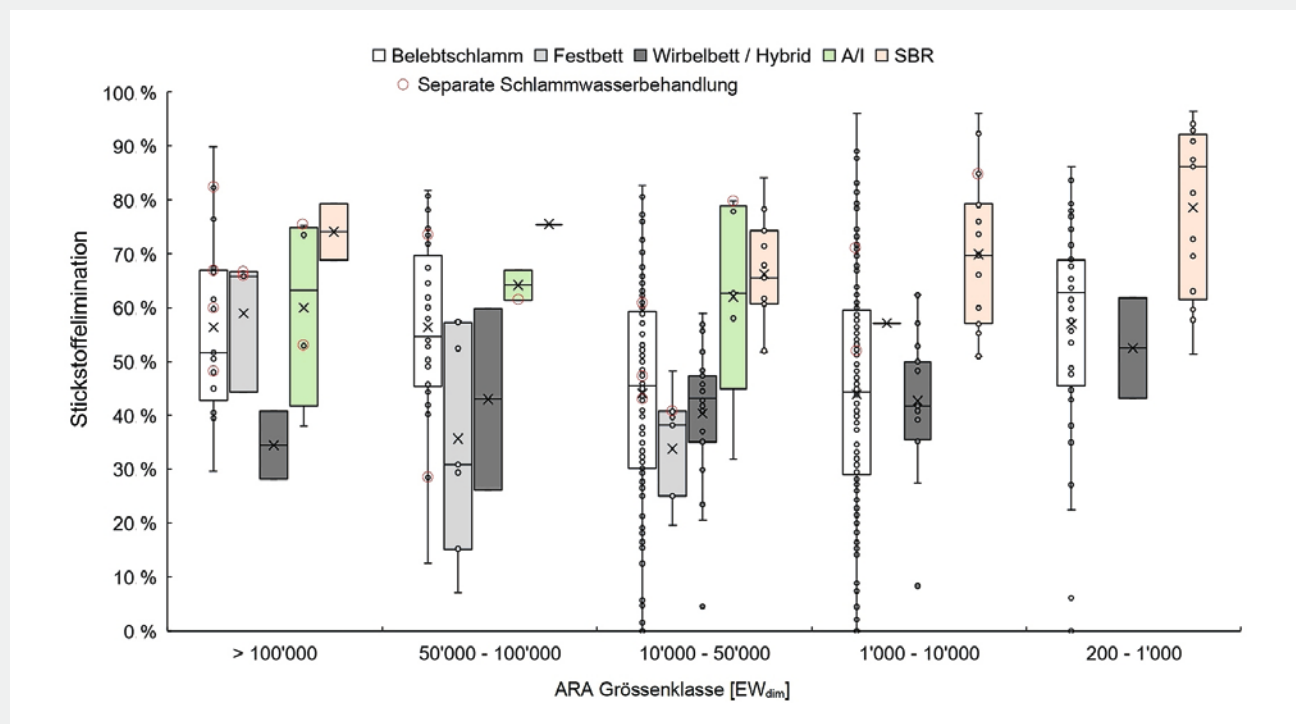


Fig. 2 Aktuelle Stickstoffelimination der Schweizer ARA nach ausgewählten biologischen Behandlungsverfahren ($n_{ARA} = 566$ gemäss Datenverfügbarkeit, Datengrundlage VSA-Kennzahlenerhebung mit Stand 2020) [3].

betragen 0,2 mg/l N bei Temperaturen von über 10 °C und 0,4 mg/l N bei unter 10 °C als Summe aus Ammonium-Stickstoff und Ammoniak-Stickstoff (GSchV, Anh. 2 Ziff. 12 Nr. 3). ARA, die in ein entsprechendes Gewässer einleiten, müssen folglich ganzjährig nitrifizieren und die Einleitbedingungen für Ammonium bei

einer Abwassertemperatur von mehr als 10 °C einhalten. Aktuell halten rund 80 ARA diese Anforderungen nicht ein, da sie nur für den Kohlenstoffabbau ausgelegt sind. Dies besagt eine Modellierung, bei der anhand der Ablaufkonzentration von ARA und dem Mischungsverhältnis im Vorfluter berechnet wurde, dass die-

se rund 80 ARA (18% der beurteilbaren ARA), die nicht ganzjährig nitrifizieren, bei Niedrigwasser (Q_{347}) eine zu hohe Ammoniumkonzentration im Fließgewässer verursachen [7].

NITRIT

Nitrit (NO_2^-) wirkt auf viele Organismen akut toxisch und ist durch seine mutagene Wirkung auch langfristig ökotoxikologisch bedenklich [8, 9]. Die aktuell geltende GSchV enthält für Nitrit lediglich einen Richtwert für den ARA-Ablauf (0,3 mg NO_2^-/l) und keinen verbindlichen Grenzwert (GSchV, Anh. 2 Ziff. 12 Nr. 6). Für die Gewässer selbst enthält die GSchV keine numerische, aber die verbale Anforderung, dass Nitrit die Fortpflanzung, Entwicklung und Gesundheit empfindlicher Organismen nicht beeinträchtigen darf. Konkretisiert wird diese Anforderung in einer Vollzugshilfe [10], die einen von der Chlorid-Konzentration abhängigen Zielwert vorgibt (0,05 mg NO_2^-/l bei 10–20 mg Cl^-/l).

Der Richtwert für Nitrit im Ablauf von 0,3 mg/l NO_2^-/l wird mit dem aktuellen Ausbaustand bei 50–80% der ARA überschritten [3, 11]. Da die heutige Datengrundlage für Nitrit im Ablauf von Schweizer ARA lückenhaft ist, wurden die Nitritablaufwerte basierend auf der Korrelation zu Ammoniumablaufkonzentrationen ermittelt. Eine Stoffflussmodel-

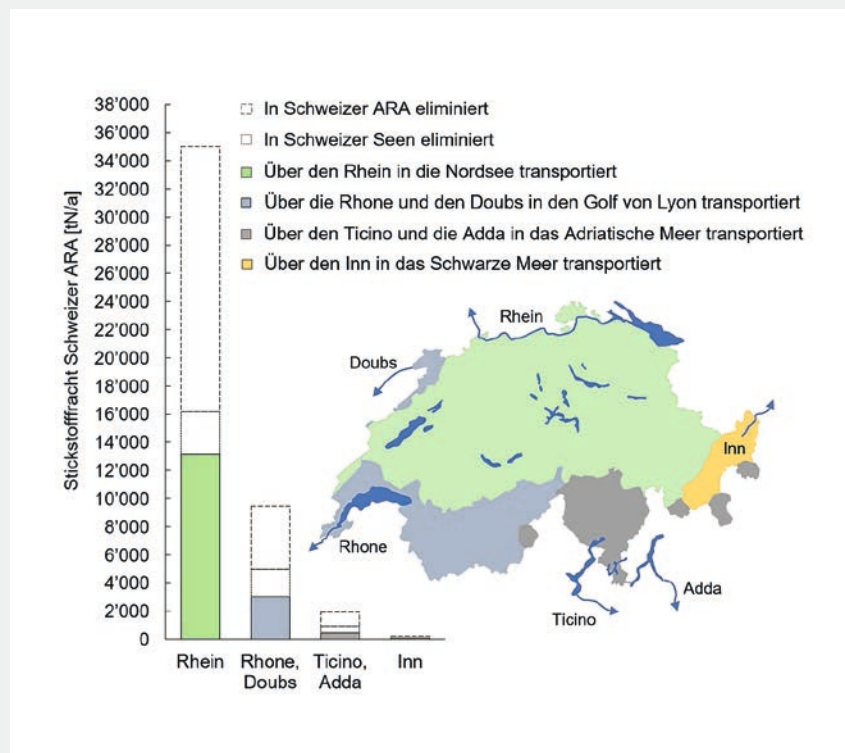


Fig. 3 Stickstofffrachten aus Schweizer ARA und deren Transport in Küstengewässer [3].

lierung ergab, dass bei Niedrigwasser (Q₃₄₇) an rund 85 ARA-Einleitungen (17% der beurteilbaren ARA) von mässigen, unbefriedigenden oder schlechten Nitritkonzentrationen im Gewässer auszugehen ist [11]. Wenn alle ARA den Richtwert von 0,3 mg NO₂-N/l einhielten, könnten die ökotoxikologisch bedenklichen Situationen in den Gewässern an rund drei Vierteln der ARA-Einleitungen verhindert werden [12]. In den übrigen Fällen müssten die Behörden jeweils strengere Anforderungen festlegen, wie dies aktuell bereits für Ammonium vorgesehen ist.

NITRAT

Nitrat (NO₃⁻) aus ARA gelangt über Fliessgewässer in Seen und ins Meer, wo es insbesondere in nährstoffarmen Ökosystemen durch Eutrophierung negative Auswirkungen haben kann. Vor allem in küstennahen Gebieten können erhöhte Nitratkonzentrationen zu Algenblüten führen. Diese beeinträchtigen die Wasserlebewesen erheblich, direkt durch Algentoxine und indirekt durch die Sauerstoffzehrung beim Abbau von abgestorbener Biomasse [12]. In der Nordsee werden die Schwellenwerte für Nitrat gemäss EG-Meeressstrategie-Rahmenrichtlinie (Richtlinie 2008/56/EG – MSRL) im Jahresmittel an 11 von 16 Messstellen überschritten [13]. Zwar erfüllt die Schweiz seit rund 20 Jahren die in der GSchV (Anh. 3.1 Ziff. 3 Nr. 2) verankerte Reduktion der Stickstoffeinträge in den Rhein um 2600 t pro Jahr [15], jedoch tragen die Schweizer ARA über den Rhein immer noch etwa 6% der gesamten Stickstoffeinträge in die Nordsee bei. Dies ist überproportional zur Bevölkerung und ist nicht zuletzt auf die geringe Stickstoffelimination der ARA zurückzuführen [3]. Weiter gelangt Stickstoff aus Schweizer ARA über den Ticino in die Adria und über die Rhone ins Mittelmeer, wo er auch dort zum eutrophen Zustand von Küstengebieten beiträgt (s. Fig. 3) [15]. Höhere Stickstoffkonzentrationen im Gewässer erhöhen die Toxinbildung von Cyanobakterien [16]. Eine Reduzierung der Stickstoffgehalte kann folglich die Häufigkeit und auch die Toxizität von Cyanobakterienblüten verringern, die auch in Schweizer Binnengewässern regelmässig auftreten. Für Nitrat enthält die aktuell geltende GSchV die Anforderung, dass die ARA so betrieben werden müssen, dass möglichst viel Stickstoff eliminiert wird

(GSchV, Anh. 3.1 Ziff. 3 Nr. 2). Für die Einleitung von ARA sind bislang keine quantitativen Anforderungen an die Nitratkonzentration festgelegt. Konkrete numerische Anforderung gelten nur für Gewässer, die zur Trinkwassernutzung dienen (5,6 mg/l NO₃-N, GSchV, Anh. 2 Ziff. 1.11 Nr. 1).

LACHGAS

Ein Teil des Stickstoffs im Abwasser entweicht aus den ARA als klimaschädliches Lachgas (N₂O). Die ARA verursachen etwa 1% der gesamten Treibhausgasemissionen der Schweiz. Lachgasemissionen sind dabei für rund 70% der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen der Abwasserreinigung verantwortlich und entsprechen etwa 20% der gesamtschweizerischen Lachgasemissionen [17, 18]. Eine Reduktion der Lachgasemissionen aus ARA ist daher zentral für das Erreichen des Netto-Null-Ziels.

Da eine Nitritakkumulation und eine unvollständige Denitrifikation zu höheren Lachgasemissionen führen, ist neben einer stabilen Nitrifikation auch eine erhöhte Stickstoffelimination anzustreben.

AUSWIRKUNGEN DER GESETZES-ÄNDERUNG

MASSNAHMEN AN VIELEN ARA NÖTIG

Um die zukünftigen Anforderungen bezüglich Stickstoff zu erfüllen, müssen bis 2050 rund 500 der 700 Schweizer ARA Massnahmen ergreifen [3]. Dies betrifft 220 ARA mit mehr als 1000 Einwohnerwerten, die zukünftig stabil nitrifizieren müssen. Weitere 280 ARA mit mehr als 10 000 Einwohnerwerten müssen Massnahmen für das Erreichen einer Stickstoffelimination von 80% treffen.

Die möglichen Massnahmen zur Erfüllung der Anforderungen sind sehr vielfältig und hängen von den lokalen Gegebenheiten ab. Sie umfassen Betriebsoptimierungen im bestehenden System, Ausbauprojekte für zusätzliches Beckenvolumen, einen Verfahrenswechsel oder eine separate Faulwasserbehandlung.

INVESTITIONSKOSTEN

Die Investitionskosten für die Massnahmen beim Stickstoff betragen rund 3,7 Mrd. Franken. Berücksichtigt ist eine jährliche Teuerungsrate von 1,7% unter Annahme einer kontinuierlichen Umsetzung bis 2050 (ohne Teuerung, Stand 2024: 2,882 Mrd. Fr.) [3]. Zur Ein-

ordnung: der Wiederbeschaffungswert aller Schweizer ARA betrug zuletzt 13,5 Mrd. Franken, derjenige der Abwasserableitung (Kanalisation, Sonderbauwerke) 63,5 Mrd. Franken [2]. Die jährlichen Investitionen in die ARA lagen zwischen 200 und 400 Mio. Franken in den Jahren 2010 bis 2020. Der prognostizierte jährliche Investitionsbedarf für die Stickstoffmassnahmen liegt bis 2050 im Mittel bei etwa 170 Mio. Franken.

Die Investitionskosten wurden anhand angenommener verfügbarer und zusätzlich notwendiger Beckenvolumen der ARA ermittelt [3]. Dort, wo keine Anga-

VORGESCHLAGENE GESETZESÄNDERUNG

Die geplanten Änderungen des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) wurden im November 2025 durch den Bundesrat vorgestellt und befinden sich bis März 2026 in der Vernehmlassung. Die konkreten Anforderungen an die Reinigungsleistung werden in der GSchV festgehalten. Um den Umfang der geplanten Massnahmen abschätzen zu können, wurden bereits jetzt die Änderungen der GSchV vorgeschlagen, auch wenn diese erst später und separat in Vernehmlassung gehen [19]. Das GSchG sieht eine kantonale Planung für die Umsetzung der Massnahmen vor.

GRENZWERTE FÜR AMMONIUM UND NITRIT

Die Anforderungen für die Einleitung von Ammonium, die bislang nur gelten, wenn diese nachteilige Auswirkungen auf das Gewässer hat, sollen zukünftig für alle ARA mit mehr als 1000 Einwohnerwerten gelten. Die Anforderungen sind ein Tagesmittelwert von 2 mg/l als Summe von NH₄⁺-N und NH₃-N und ein Wirkungsgrad der Behandlung von 90% bei Abwassertemperaturen von mehr als 10 °C. Bei ARA unter 1000 Einwohnerwerten sollen diese Anforderungen, wie auch heute, nur bei nachteiligen Auswirkungen auf die Wasserqualität gelten.

Der aktuell geltende Richtwert für Nitrit (0,3 mg/l NO₂-N) im Ablauf der ARA soll in einen Grenzwert umgewandelt werden. Damit das Vollzugsdefizit bei etwa 80 ARA hinsichtlich der bereits bestehenden Anforderungen für die Ammoniumeinleitung rasch behoben wird, wird hierfür eine Umsetzungsfrist bis zum Jahr 2035 festgelegt.

REDUKTION GESAMTSTICKSTOFF

Für ARA mit mehr als 10 000 Einwohnerwerten wird eine Reduktion des Gesamtstickstoffs im Jahresmittel von 80% gefordert. Die Massnahmen müssen bis 2050 umgesetzt werden.

DANK

Das Autorenteam dankt *Damian Dominguez* und *Fabian Soltermann* vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) für die fachliche Unterstützung.

ben zum tatsächlichen Beckenvolumen verfügbar waren, wurde abhängig von der Klassierung der ARA ein spezifisches Belebungsbeckenvolumen (z. B. beim konventionellen Belebtschlammverfahren für den Kohlenstoffabbau: 57 l/Einwohnerwert, Nitrifikation: 110 l/EW) angenommen. Die Investitionskosten wurden mittels der Differenz zum benötigten Beckenvolumen für die Nitrifikation und Denitrifikation (z. B. konventionelles Belebtschlammverfahren: 200 l/EW) mit spezifischen Baukosten (Fr./m³ Beckenvolumen) aus Referenzprojekten ermittelt.

JAHRESKOSTEN UND FINANZIERUNG

Die Jahreskosten setzen sich aus den Betriebskosten und den Kapitalkosten (Abschreibungen und Zinskosten) zusammen. Für die Massnahmen würden sich die Kapitalkosten in Höhe von 96 Mio. Franken pro Jahr und die Betriebskosten in Höhe von 67 Mio. Franken zu 163 Mio. Franken Jahreskosten summieren [21]. Die aktuellen Jahreskosten der Abwasserentsorgung liegen bei rund 2,2 Mrd. Franken pro Jahr, was pro Einwohnerwert 175 Franken entspricht [2]. Diese setzen sich zusammen aus den Kosten für die Abwasserbehandlung auf den ARA in Höhe von 0,98 Mrd. Franken pro Jahr und der Abwasserableitung in Höhe von 1,23 Mrd. Franken pro Jahr. Es bestehen jedoch lokal grosse Unterschiede, welche unter anderem von der Grösse der ARA und der Siedlungsdichte abhängen. Je

nach Grössenklasse der ARA würden die Kapitalkosten um 6 bis 12 Franken und die Betriebskosten um 3 bis 8 Franken pro Einwohnerwert und Jahr steigen. Die Jahreskosten der Abwasserbehandlung, einschliesslich der Abwasserableitung, würden durch die Stickstoffmassnahmen folglich um rund 7% steigen.

Die Investitions- und die Betriebskosten der Stickstoffmassnahmen sollen – wie bereits heute gesetzlich vorgesehen – verursachergerecht über die kommunalen Abwassergebühren getragen werden.

HÖHERER ENERGIEBEDARF, GERINGERE TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Die Erhöhung der Stickstoffelimination wirkt sich auf die indirekten und direkten Treibhausgasemissionen der Abwasserreinigung aus. Der grösste Effekt wird durch die Reduktion der direkten Lachgasemissionen um bis zu 80% (–370 000 t CO₂eq pro Jahr) erzielt, der durch die Massnahmen erreicht wird [3]. Dies entspricht etwa der Hälfte der gesamten durch die Abwasserreinigung verursachten Treibhausgasemissionen.

Gemessen an den heutigen schweizerischen Treibhausgasemissionen würde der Anteil der ARA damit von rund 1% auf 0,5% sinken. Die Umweltkosten, die gemäss dem Bundesamt für Raumentwicklung pro Tonne in die Atmosphäre emittiertem CO₂-Äquivalent 140 Franken betragen [22], könnten dadurch um rund 50 Mio. Franken pro Jahr gesenkt werden.

Die Schweizer ARA verbrauchen jährlich insgesamt etwa 460 GWh elektrische Energie [2]. Dies entspricht weniger als 1% des Schweizer Bedarfs. Durch die Erhöhung der Stickstoffelimination und eine flächendeckende Nitrifikation erhöht sich der Strombedarf um insgesamt

15–65 GWh pro Jahr [5]. Es entstehen dadurch zusätzlich indirekte Treibhausgasemissionen in Höhe von 2000–8300 t CO₂eq pro Jahr (berechnet mit dem Schweizer Strommix: 128 g CO₂eq/kWh), die durch die Reduktion der Lachgasemissionen aber um ein Vielfaches überkompensiert werden (s. oben).

Der insgesamt höhere Strombedarf setzt sich aus drei Faktoren zusammen: Erstens steigt der Energiebedarf für die Belüftung der flächendeckenden Nitrifikation. Zweitens sinkt die Stromproduktion durch eine geringere Klärgasproduktion, weil ein Teil der organischen Stoffe, die bisher in der Vorklärung abgeschieden und zur Klärgasgewinnung genutzt wurden, nun für die Denitrifikation genutzt werden. Ebenso verringert ein höheres Schlammalter die Menge des zur Klärgasproduktion verfügbaren Schlammes. Und drittens wird bei der Denitrifikation Energie eingespart, weil für den Abbau der organischen Schmutzstoffe Nitrat genutzt wird und somit weniger Sauerstoff über die Belüftung eingetragen werden muss.

GEWÄSSER WERDEN ENTLASTET

Mit der Umsetzung der Stickstoffelimination werden die Einträge von toxischem Ammonium/Ammoniak und Nitrit in die Gewässer bei rund der Hälfte der ARA-Einleitstellen reduziert [3]. Die gesamten Stickstoffemissionen der ARA in die Gewässer, bestehend zu einem überwiegenden Anteil aus Nitratstickstoff, werden schweizweit von 22 000 t N pro Jahr auf 10 300 t N pro Jahr etwa halbiert. Als Nebeneffekt der erhöhten Stickstoffelimination nimmt der Abbau von Kohlenstoff bei erhöhtem Schlammalter um 1–2% zu [23]. Auch der Abbau einzelner Mikroverunreinigungen [24] sowie die Desinfektionsleistung steigen [25]. Ein grösseres Beckenvolumen – wie es für eine erhöhte Stickstoffelimination oft notwendig ist – führt aufgrund der längeren hydraulischen Aufenthaltszeit und des höheren Schlammalters generell zu einer besseren Reinigungsleistung – insbesondere bei Regenwetter.

Die Stickstoffimmissionen in die Gewässer können als Umweltkosten quantifiziert werden, welche die Beeinträchtigung und den Verlust von Ökosystemen monetär abschätzen. Die Methodenkonvention des deutschen Umweltbundesamtes gibt die Umweltkosten pro Kilogramm emittiertem Stickstoff in die Gewässer

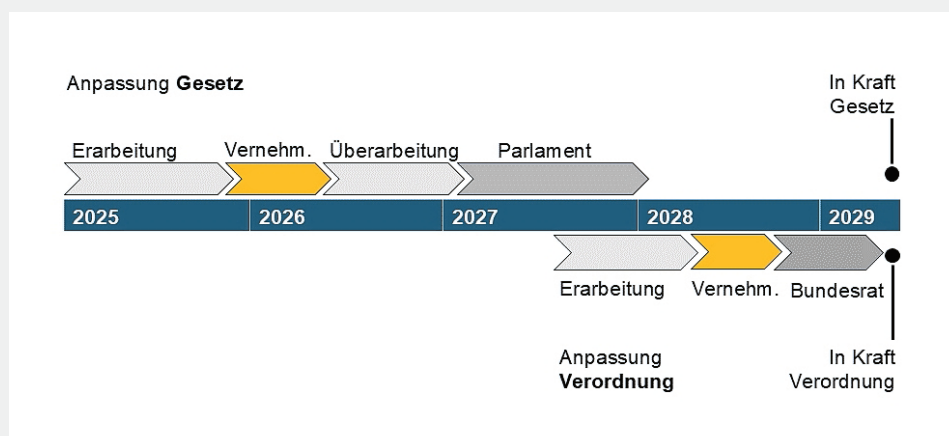


Fig. 4 Der zeitliche Ablauf der Überarbeitung des Gewässerschutzgesetzes.

(Quelle: BAUFU)

mit rund 21 Euro an [26]. Gemäss dieser Abschätzung würden die eingesparten Umweltkosten für die erwartete Reduktion der Stickstoffemissionen die Jahreskosten der Massnahmen übersteigen.

GESETZ TRITT 2029 IN KRAFT

Bis zum März 2026 läuft die Vernehmlassung zur Gesetzesrevision (s. Fig. 4). Nach der anschliessenden Überarbeitung wird diese der Bundesversammlung zur Abstimmung vorgelegt. Parallel dazu wird die GSchV überarbeitet, die die Umsetzung im Detail regelt und 2028 in die Vernehmlassung gehen soll. Das GSchG und die GSchV werden voraussichtlich 2029 zusammen in Kraft treten. Anschliessend müssen die Kantone eine Planung zur Umsetzung der Massnahmen erstellen. Die Massnahmen zur Erhöhung der Stickstoffelimination auf den ARA müssen bis spätestens 2050 umgesetzt werden. Die Umsetzungsfrist für das Vollzugsdefizit der bestehenden Anforderungen für Ammonium ist 2035.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Bundesamt für Umwelt BAFU: «bafu.ch», 16.09.2024. [Online]. Available: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/fachinformationen/massnahmen-zum-schutz-der-gewaesser/abwasserreinigung/erhebung-angeschlossene-einwohner.html>
- [2] Verband Schweizer Gewässerschutz- und Abwasserfachleute VSA (2023): Kosten und Leistungen der Abwasserentsorgung
- [3] Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW (2024): Gesamtbetrachtung Weiterentwicklung Reinigungsleistung ARA, Bundesamt für Umwelt
- [4] Agroscope (2023): Abschätzung diffuser Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Gewässer der Schweiz mit MODIFFUS 3.1, Stand 2020
- [5] Hunziker Betatech AG (2022): Übertragbarkeit der Stickstoffelimination Modul 1
- [6] Edwards, T.M. et al. (2023): Ammonia and aquatic ecosystems – A review of global sources, biogeochemical cycling, and effects on fish, *Science of The Total Environment*, Nr. 907
- [7] Gulde, R.; Wunderlin, P. (2024): Ammonium und Nitrit aus ARA. Berechnete Belastung der Gewässer, VSA
- [8] Gutiérrez, A. J. (2014): *Encyclopedia of Toxicology (Third Edition)*, pp. 532–535
- [9] Kroupová, H. K. et al. (2016): Toxic effects of nitrite on freshwater organisms: a review, *Reviews in Aquaculture*, Bd. 10, Nr. 3, pp. 525–542
- [10] Bundesamt für Umwelt BAFU (1998): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer in der Schweiz
- [11] Gulde, R.; Wunderlin, P. (2025): Schutz der Gewässer: Der Einleitwert für Nitrit unter der Lupe
- [12] Bundesamt für Landwirtschaft BLW (2024): «Agrarbericht». Available: <https://2020.agrarbericht.ch/de/umwelt/stickstoff/nitrat-im-wasser> [2024]
- [13] Umweltbundesamt Deutschland UBA (2024): Umweltbundesamt.de [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/meere/nutzung-belastungen/eutrophierung#eutrophierung-was-bedeutet-das> [Zugriff am 20.09.2024]
- [14] Strähl, S. et al. (2013): Stickstoffelimination in Schweizer ARA, *Aqua & Gas*, N°5, pp. 74–85
- [15] Karydis, M.; Kitiou, D. (2012): Eutrophication and environmental policy in the Mediterranean Sea: a review, *Environmental Monitoring and Assessment*, Bd. 184, pp. 4931–4984
- [16] Gobler, C. J. et al. (2016): The dual role of nitrogen supply in controlling the growth and toxicity of cyanobacterial blooms, *Harmful Algae*, Vol. 54, 87–97
- [17] Gruber, W. et al. (2021): Estimation of countrywide N₂O emissions from wastewater treatment in Switzerland using long-term monitoring data. *Water Research X* 14: 100122
- [18] Gruber, W. et al. (2022): Lachgasemissionen aus ARA, *Aqua & Gas*, No. 1
- [19] Bundesamt für Umwelt BAFU (2025): Erläuternder Bericht zur Änderung des Gewässerschutzgesetzes zum Schutz des Grundwassers und der Erhöhung der Reinigungsleistung der Abwasserreinigungsanlagen. Available: <https://cms.news.admin.ch/dam/de/der-schweizerische-bundesrat/2xylmcwjlj3LV/Erl%C3%A4uternder+Bericht+Revision+Gew%C3%A4sserschutz-Gesetz+Er%C3%B6ffnung+Vernehmlassung.pdf>
- [20] Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW (2024): Gesamtbetrachtung Weiterentwicklung Reinigungsleistung ARA, Bundesamt für Umwelt
- [21] INFRAconcept AG (2024): Einfluss N- und EMV-Massnahmen auf die Kosten der Abwasserreinigung
- [22] Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2023): Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs in der Schweiz. Strassen-, Schienen, Luft- und Schiffsverkehr 2020
- [23] Imhoff K. R.; Imhoff, K. (2006): Taschenbuch der Stadtenwässerung, Oldenbourg Industrieverlag
- [24] Achermann, S. et al. (2018): Trends in Micropollutant Biotransformation along a Solids Retention Time Gradient. *Environmental Science & Technology*, pp. 11601–11611
- [25] Scott, T. M. et al. (2003): Reduction of pathogens, indicator bacteria, and alternative indicators by wastewater treatment and reclamation processes. *Water Supply*, Bd. Vol. 3 (4), pp. 247–252
- [26] Umweltbundesamt (2020): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten, Kostensätze



SCHLAMM-ENTWÄSSERUNGSPRESSE FÜR KLÄRANLAGEN UND INDUSTRIE

Flexibel und mobil auf einem Anhänger, ermöglicht unser System vor Ort unkomplizierte Schlamm-Entwässerungsversuche.

Melden Sie sich, wir beraten Sie gerne.

IFAT München 2026
Besuchen Sie uns bei Amcon Europe.

W. FREI AG
seit 1975