



Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft

Abwasserreinigung in Zahlen 2020



Stand der Abwasserreinigung im Kanton Zürich 2020

Das Abwasser von über 99 % der Bevölkerung des Kantons Zürich wird zur Reinigung einer öffentlichen oder privaten Abwasserreinigungsanlage (ARA) zugeleitet. Ende 2020 standen im Kanton Zürich 204 ARA in Betrieb (Tab. 1). Davon waren 61 öffentliche Anlagen mit einer Ausbaugrösse für mehr als 500 Einwohnerwerte (EW) sowie 18 öffentliche Anlagen kleinerer Ausbaugrösse (Klein-ARA).

Rund 0.4 % der Einwohnerinnen und Einwohner wohnen so abgelegen, dass der Anschluss an eine öffentliche ARA wirtschaftlich nicht tragbar ist. Ihr Abwasser wird entweder in einer abflusslosen Grube gesammelt und periodisch einer ARA zugeführt oder in einer der 120 privaten Klein-ARA gereinigt.

In den 79 öffentlichen Anlagen wurden im Jahr 2020 rund 215 Mio. m³ Abwasser gereinigt. Dies entspricht 93 % des langjährigen Mittelwerts. Dabei behandelten die 6 grössten ARA des Kantons mit einer Ausbaugrösse von über 50'000 Einwohnerwerten mehr als die Hälfte der gesamten Abwassermenge (Abb. 1).

Bei der Reinigung dieses Abwassers wurden rund 505'000 m³ flüssiger Klärschlamm produziert. Dieser enthält 95 % Wasser und 5 % respektive rund 25'100 Tonnen Trockensubstanz. Der anfallende Klärschlamm wird seit 2015 zentral in Zürich verwertet. Dies ermöglicht eine umweltschonende Entsorgung und die spätere Rückgewinnung der wertvollen und knappen Ressource Phosphor.

Anzahl	2000	2005	2010	2015	2019	2020
Öffentliche ARA >500 EW	77	73	69	66	63	61
Öffentliche ARA <500 EW	36	31	27	22	19	18
Industrie-ARA	3	2	2	4	4	4
Private ARA <500 EW	88	115	122	123	118	120
Total ARA	204	221	220	215	204	203

Abwassermenge Mio. m ³	262	221	238	215	227	215
-----------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tab. 1: Anzahl ARA im Kanton Zürich, aufgeteilt nach Ausbaugrösse in Einwohnerwerten (EW) und Trägerschaft. Total der behandelten Abwassermenge.

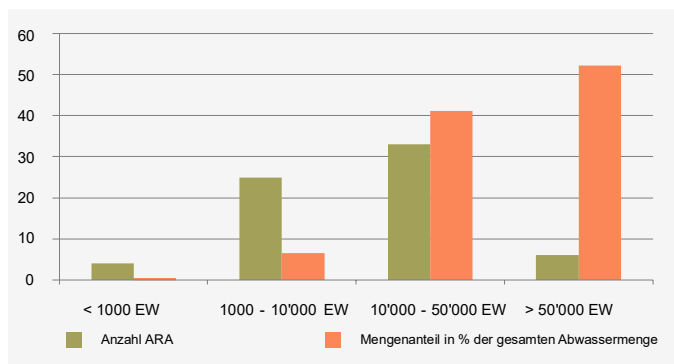


Abb. 1: Verteilung der Abwassermenge auf ARA-Grössenklassen. Die 6 grössten ARA im Kanton Zürich reinigen mehr als die Hälfte der anfallenden Abwassermenge.

Bilder: AWEL, Zürich, Abb. 19: B. Rist



Ausrüstungsstand der öffentlichen Abwasserreinigungsanlagen

Zentrale Stufe jeder ARA ist die biologische Abwasserreinigung. Hier bauen Mikroorganismen mit Hilfe von Sauerstoff die Schmutz- und Nährstoffe ab. 48 kommunale ARA betreiben die biologische Reinigungsstufe als klassisches Belebtschlammverfahren (Abb. 2). 3 ARA sind mit Festbett, 2 mit Wirbelbett, 4 mit dem SBR-Verfahren (Abb. 3) und 2 mit Membranbioreaktoren ausgerüstet. Bei 4 ARA sind Verfahren kombiniert worden. In



Abb. 2: ARA mit Belebtschlamm-Verfahren in Kombination mit Membran-Bioreaktoren.

den letzten 20 Jahren wurden viele ARA erweitert und dem aktuellen Stand der Technik angepasst. Die Abb. 4/5 zeigen den derzeitigen Ausbaustand der öffentlichen ARA bezüglich Nitrifikation, Denitrifikation und Phosphorfällung sowie zusätzlicher Flockungsfiltration unter Berücksichtigung der Anlagengrösse in EW. Bei 5 ARA werden zudem die organischen Spurenstoffe (Mikroverunreinigungen) aus dem Abwasser entfernt.



Abb. 3: ARA mit SBR-Verfahren (Sequencing Batch Reactor): Die einzelnen Schritte der biologischen Abwasserreinigung erfolgen zeitlich gestaffelt im selben Becken. Die Anzahl der Becken variiert je nach Ausbaugrösse der ARA.

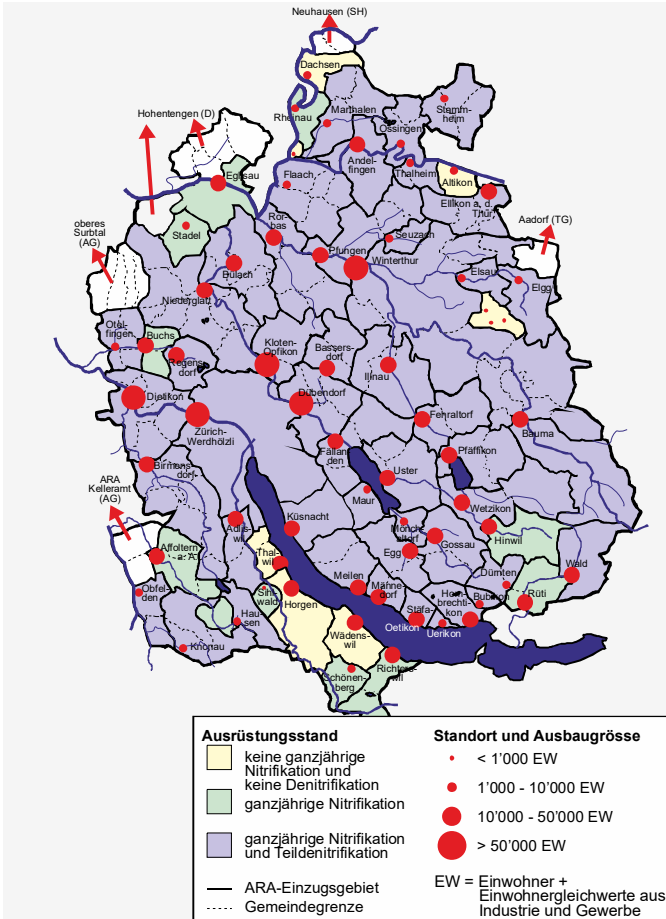


Abb. 4: Ausrüstungsstand in öffentlichen ARA bezüglich Nitrifikation und Denitrifikation per Ende 2020.

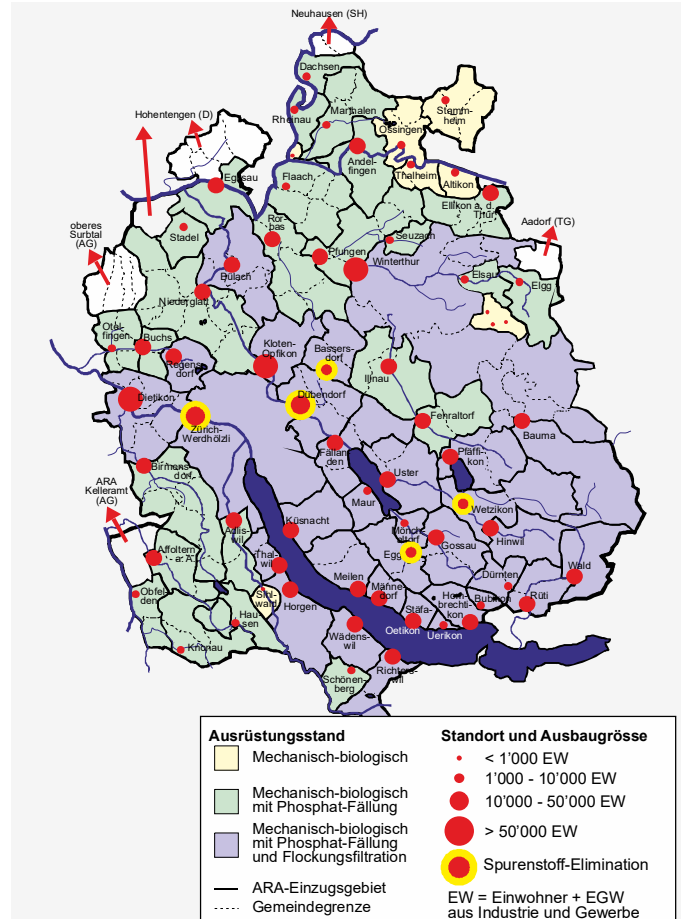


Abb. 5: Ausrüstungsstand in öffentlichen ARA bezüglich Phosphor-Elimination, Flockungsfiltration und Elimination von Spurenstoffen Ende 2020.

Bewertung und Qualität des gereinigten Abwassers

Im Rahmen der Eigenkontrolle überwachen die ARA in ihrem Abfluss diverse Parameter. Zusätzlich erhebt das Labor des AWEL jährlich pro ARA vier 24-Stunden-Sammelproben zur Überprüfung der Reinigungsleistung und der Qualität des gereinigten Abwassers.

Die öffentlichen ARA erbrachten, wie in den Jahren zuvor, eine gute Reinigungsleistung (Abb. 6, 7). Die Anforderungen an die Reinigung der organischen Abwasserinhaltsstoffe konnten 97 % der ARA im Jahr 2020 erfüllen.

Im Berichtsjahr konnten 84 % der beurteilten ARA die vorgeschriebenen Einleitungsbedingungen bezüglich Nitrifikation (Umwandlung von Ammonium/ Ammoniak in weniger schädliches Nitrat) und 100 % bezüglich Denitrifikation (Stickstoffelimination durch Umwandlung von Nitrat zu elementarem Stickstoff) einhalten. Bei der Phosphor-Restbelastung konnten 95 % der beurteilten ARA die Anforderungen einhalten. Bedingt durch die Inbetriebnahmephase neuer Anlagen wurde die Anforderung zur Spurenstoff-Elimination nur zu 75 % erfüllt.

Hinweis: Neben den generell geltenden Anforderungen gemäss Gewässerschutzverordnung legt der Kanton bei Bedarf angepasste Einleitungsbedingungen für die einzelnen ARA fest.

Bei ARA, für die die Nitrifikation, die Phosphatfällung, die Stickstoff-Elimination und/oder die Spurenstoff-Elimination nicht gefordert sind, werden diese Kriterien nicht bewertet.

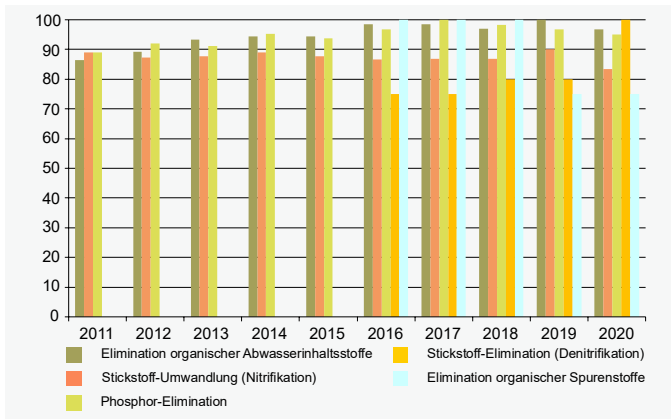


Abb. 6: Einhalten der Einleitungsbedingungen durch öffentliche ARA in %.

Dank der stetigen Sanierung und Erweiterung von ARA können die zu reinigenden Abwassermengen einer höheren Anzahl Verfahrensstufen zugeführt und die Schadstoffe weitergehend abgebaut werden.

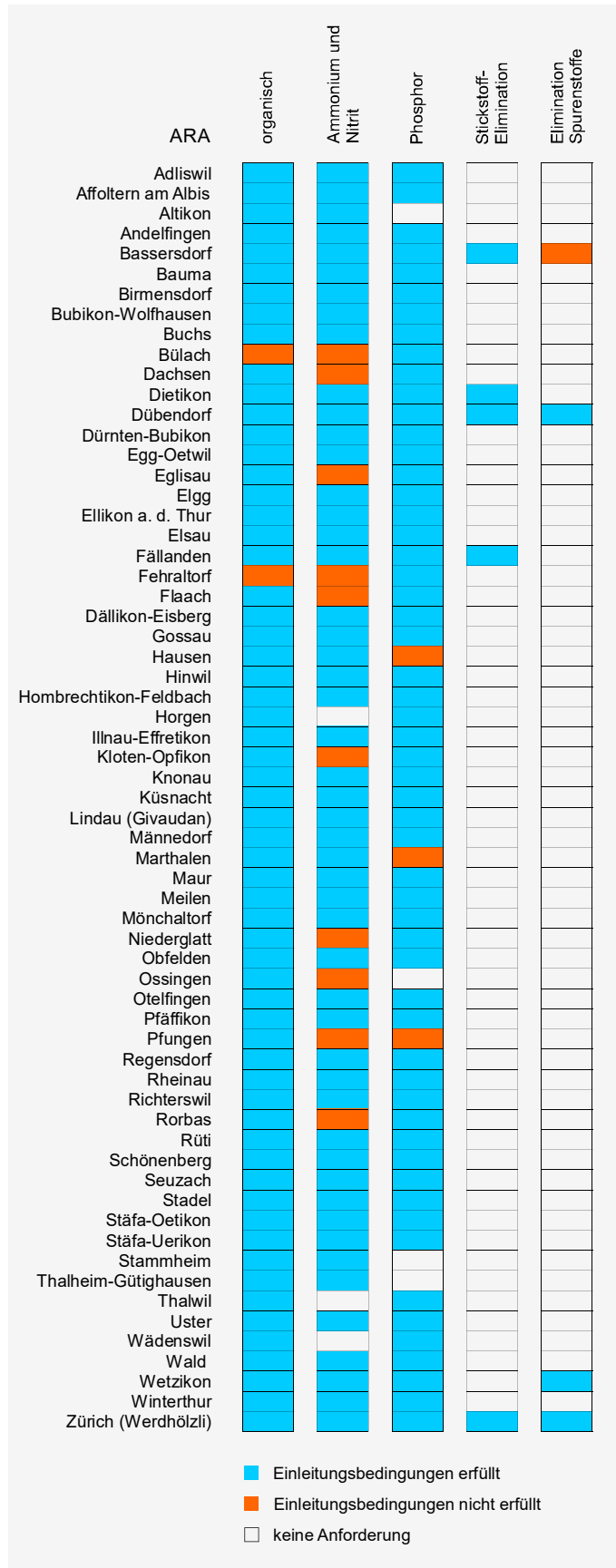


Abb. 7: Einhalten der Einleitungsbedingungen.

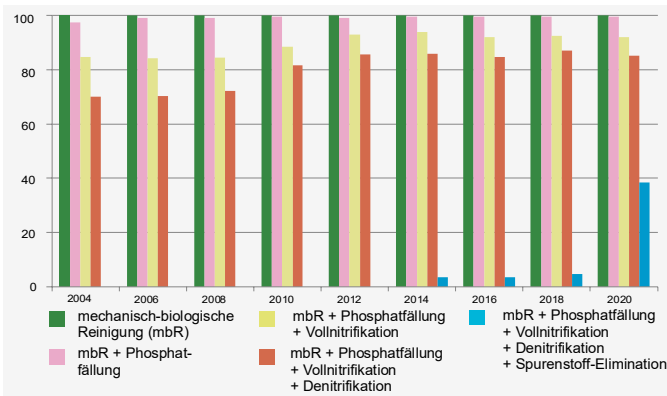


Abb. 8: Gereinigte Abwassermengen nach Verfahrensstufen, in % der gesamten behandelten Menge

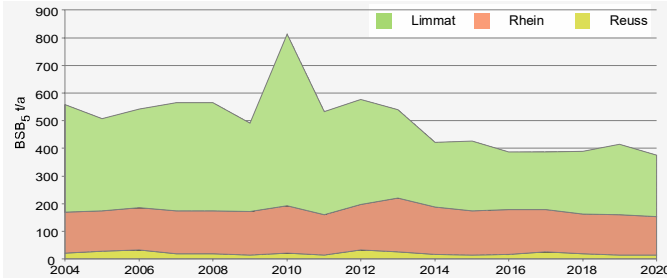


Abb. 9: Totale Abauffrachten BSB₅, aufgeteilt nach Flusseinzugsgebieten.

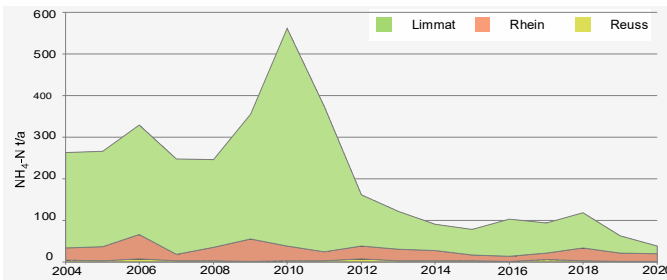


Abb. 10: Totale Abauffrachten NH₄-N, aufgeteilt nach Flusseinzugsgebieten.

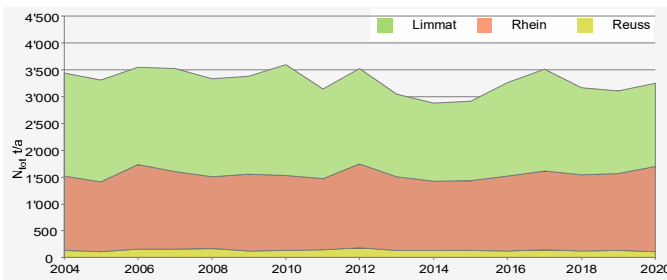


Abb. 11: Totale Abauffrachten N_{tot}, aufgeteilt nach Flusseinzugsgebieten.

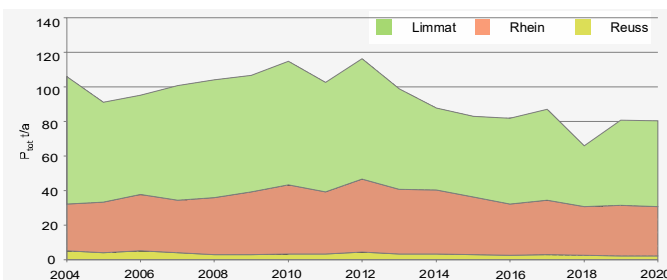


Abb. 12: Totale Abauffrachten P_{tot}, aufgeteilt nach Flusseinzugsgebieten.

Von der im Kanton Zürich mechanisch-biologisch gereinigten Abwassermenge wurden 99.6 % einer Phosphatfällung unterzogen und 81 % der gesamten Abwassermenge durchliefen zusätzlich zur Phosphatfällung noch eine Flockungsfiltration. 92 % des gesamten Abwassers wurden ganzjährig nitrifiziert (Vollnitrifikation) und bei 85 % der gesamten gereinigten Abwassermenge erfolgte eine teilweise Denitrifikation (Abb. 8). Bei 38 % der Abwassermenge wurden die organischen Spurenstoffe (Mikroverunreinigungen) entfernt. Dieser starke Anstieg ist auf die Inbetriebnahme der Spurenstoff-Eliminationsstufe in der ARA Zürich zurückzuführen.

Die heutigen ARA verfügen grösstenteils über eine sehr gute Reinigungsleistung. Trotz aufwendiger Technik verbleibt im Ablauf der ARA jedoch eine Restbelastung an Schmutzstoffen. Diese konnte, trotz Bevölkerungszunahme im Kanton Zürich, durch Ausbauten und Optimierungen in den letzten Jahren weiter verringert werden. Nicht immer können ARA-Ertüchtigungen ohne Reduktion der Reinigungsleistung durchgeführt werden.

Der Parameter BSB₅ (biochemischer Sauerstoffbedarf) ist ein Mass für den Gehalt an abbaubaren organischen Schmutzstoffen. Dank Sanierungen und Erneuerung bei ARA sind die Frachten in den vergangenen Jahren relativ konstant (Abb. 9).

Ammonium (NH₄-N) ist eine fischgiftige Stickstoffverbindung. Spezialisierte Bakterien wandeln Ammonium in ungiftiges Nitrat um (Nitrifikation). Der stete Rückgang der Ammoniumfrachten ist auf den Ausbau zahlreicher ARA zurückzuführen. Im Einzugsgebiet der Limmat ist der Erfolg dieser Massnahmen deutlich ersichtlich (Abb. 10).

Gesamt-Stickstoff (N_{tot}) ist ein Summenparameter. Er umfasst den organischen Stickstoffanteil (wie Harnstoff, Peptide, Proteine) sowie den anorganischen Stickstoffanteil (wie Ammonium, Nitrat). ARA, die für die Stickstoff-Elimination ausgebaut wurden, können das bei der Nitrifikation gebildet Nitrat zu Luftstickstoff umwandeln und so aus dem Abwasser entfernen (Abb. 11).

Phosphat fördert v.a. in Seen das unerwünschte Algenwachstum. Mit Ausnahme einiger weniger kleiner ARA müssen im Kanton Zürich alle Anlagen Phosphat aus dem Abwasser entfernen. Für sensible Gewässer, v.a. für ARA an oder oberhalb von Seen, werden besonders strenge Einleitungsbedingungen formuliert. Die Abflussfrachten konnten mit diesen Massnahmen weitestgehend optimiert werden (Abb. 12).

Energieverbrauch und Energieproduktion

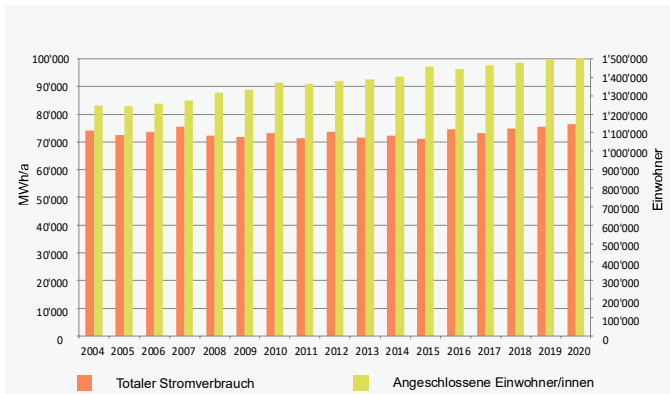


Abb. 13: Totaler Stromverbrauch aller Zürcher ARA und Entwicklung der Anzahl der angeschlossenen Einwohnerinnen und Einwohner.

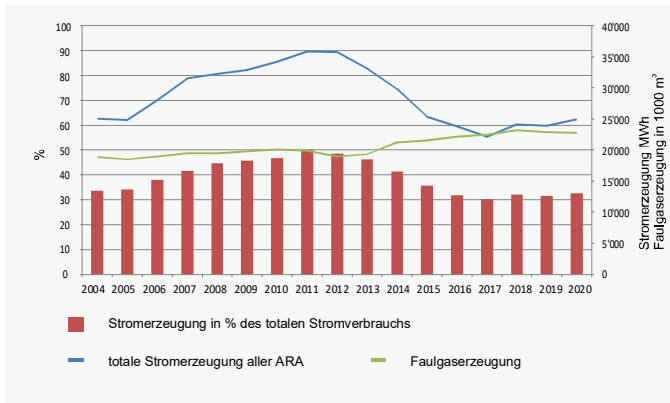


Abb. 14: Totale Strom- und Faulgaserzeugung aller Zürcher ARA. Anteil des durch Verstromung des Faulgases erzeugten Stroms am gesamten Stromverbrauch.

Der Stromverbrauch aller Zürcher ARA im Jahr 2019 beträgt 76 000 MWh. Dies entspricht bei rund 1.49 Mio angeschlossenen natürlichen Einwohnern einem spezifischen Verbrauch von 50 kWh pro Einwohner und Jahr. Trotz zunehmender Anzahl der angeschlossenen Einwohner im Kanton Zürich und neuer, energieintensiver Reinigungsstufen blieb der gesamte Stromverbrauch der Zürcher ARA in den letzten 10 Jahren konstant (Abb. 13). Die umgesetzten ARA-Sanierungsmassnahmen führten somit zu einer spezifischen Reduktion des gesamten Stromverbrauchs.

Das bei der Schlammfäulung anfallende Faulgas wird in den Zürcher ARA grösstenteils zur Wärme- und Stromproduktion verwendet. Bei vereinzelt grösseren Anlagen wird es statt direkt genutzt nach einer entsprechenden Aufbereitung in das Erdgasnetz eingespiesen. Abbildung 14 zeigt, dass sich die Bevölkerungszunahme in einer leicht steigenden Faulgasmenge wiederfindet. Der Rückgang des erzeugten Stromes aller ARA ist auf die erhöhte Menge an eingespiesenem Gas zurückzuführen. Der Anteil des gesamten Stromverbrauchs, welcher durch die ARA-interne Stromerzeugung aus dem Klärgas gedeckt wird, liegt derzeit bei 33 %. Zusätzlich stammen 0.8 % des von den ARA verbrauchten Stroms aus Photovoltaik-Anlagen.

Kosten der Abwasserreinigung

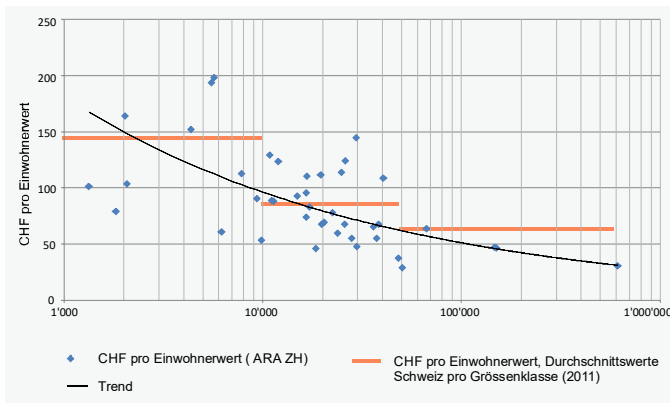


Abb. 15: ARA-Kosten 2020 pro angeschlossenen Einwohnerwert (ohne Anteil Kanalisation) der Zürcher ARA im Vergleich zu schweizweiten Zahlen (Quelle CH-Kosten: Kosten und Leistungen der Abwasserentsorgung, VSA 2011).

Die ARA-Kosten (Personal-/Sach-/Kapitalkosten) sind von verschiedenen Faktoren abhängig, u.a. von der frachtbezogenen ARA-Belastung und der geforderten Reinigungsleistung, welche sich direkt in der erforderlichen Reinigungstechnik niederschlägt. So haben kleinere Anlagen verhältnismässig hohe Fixkosten, während bei gleicher Ausbaugrösse Anlagen mit komplexerer Reinigungstechnologie höhere Kosten aufweisen. Grössere Anlagen reinigen das anfallende Abwasser tendenziell besser und zu tieferen Kosten (Abb. 15).

Klärschlamm: Qualität und Entsorgung

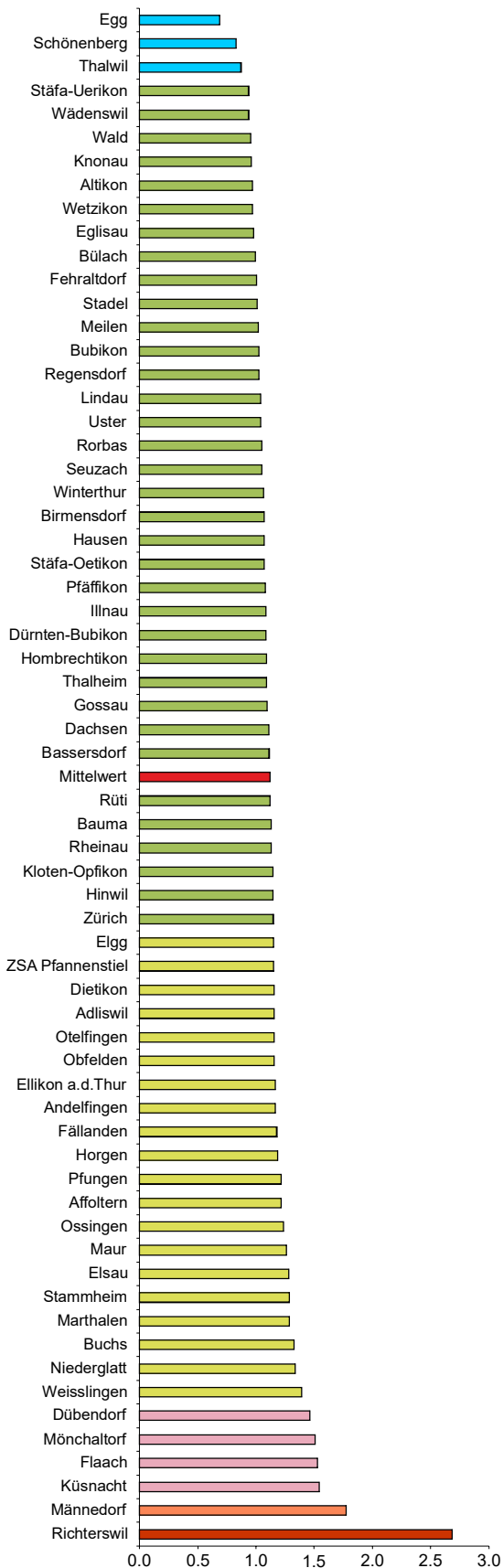


Abb. 16: Schadstoffindizes der Zürcher Klärschlämme 2020.

Schadstoffindex

Im Klärschlamm sammeln sich Stoffe aus dem ganzen Einzugsgebiet einer ARA. Als Abbild der im Einzugsgebiet umgesetzten Stoffe ist Klärschlamm deshalb von hoher Aussagekraft für die Umweltbeobachtung. Bezogen auf die zufließende Abwassermenge beträgt die Menge an Klärschlamm nur ca. 1/100 Massenprozent. Viele Schadstoffe werden aber im Klärschlamm aufkonzentriert und während einiger Wochen im System behalten. Die Überwachung der Klärschlammqualität erlaubt somit, mit verhältnismässig geringem Aufwand Aussagen über Art und Umfang der Einleitung von Schadstoffen durch Haushalte, Industrie- und Gewerbebetriebe in die Kanalisation zu machen.

Mit Hilfe der Überwachung der Klärschlammqualität lassen sich aber auch Aussagen über die Belastung des Gewässers durch verbleibende Schadstoffe im gereinigten Abwasser der ARA machen. Von besonderem Interesse sind dabei die Schwermetalle. Die Ergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen des Klärschlammes auf die Schadstoffe Quecksilber (Hg), Cadmium (Cd), Nickel (Ni), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Blei (Pb) und Zink (Zn) werden im **Schadstoffindex (SI)** zusammengefasst (Abb. 16; Tab. 2). Dieser erlaubt es, die Schadstoffe nicht nur mengenmässig, sondern auch in ihrer schädlichen Wirkung auf die Gewässer zu erfassen.

Es gilt: je tiefer der SI, desto geringer die Schadstoffbelastung des Klärschlammes und damit auch des Gewässers.

Schadstoffindex (SI)		
SI-Klasse	Belastung	Klasse
SI < 0.90	gering	1 ■
0.90 ≤ SI < 1.15	mässig	2 ■
1.15 ≤ SI < 1.40	mittel	3 ■
1.40 ≤ SI < 1.65	erheblich	4 ■
1.65 ≤ SI < 1.90	gross	5 ■
SI ≥ 1.90	sehr gross	6 ■
mittlerer Wert aller Zürcher ARA 2020: 1.118		

Tab. 2: Schadstoffindex, Einteilung der Belastungsklassen.

Energieeffizienz der Zürcher ARA

Richtwertüberschreitungen

Die Zahl der untersuchten Klärschlammproben ist abhängig von der Schadstoffbelastung und der Ausbaugrösse der ARA und beträgt im Routineprogramm eine bis vier Messungen pro Jahr. Flächendeckende, regelmässige Messungen von Schwermetallen im Klärschlamm erlauben es, langfristige Trends zu verfolgen (Abb. 17). Gesamthaft wurden im Jahr 2020 131 Klärschlammproben aus 64 öffentlichen Anlagen auf verschiedene Schwermetalle (siehe S. 7) analysiert und bewertet. Es wurden drei Richtwertüberschreitungen (Nickel, Kupfer) verzeichnet (Abb. 18). Die Überschreitungen von Richtwerten haben weiterführende Abklärungen im Einzugsgebiet der ARA zur Folge. In Fällen, in denen Verursacher der erhöhten Belastung ausfindig gemacht werden können, ordnet das AWEL die notwendigen Sanierungsmassnahmen an.

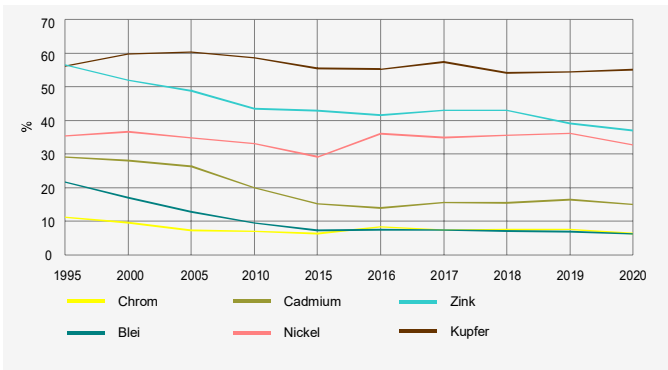


Abb. 17: Schwermetallgehalte im Klärschlamm in % des jeweiligen Richtwerts.

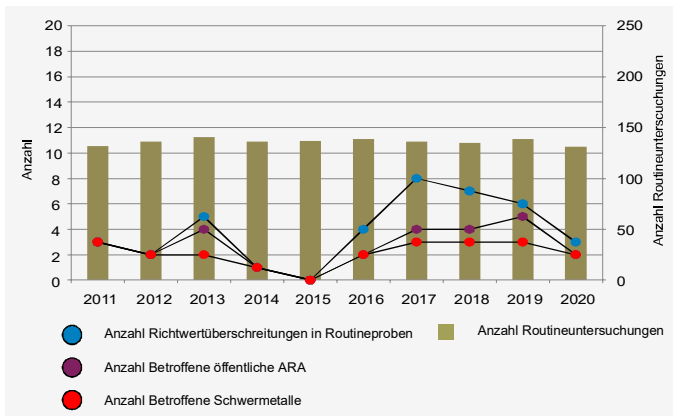


Abb. 18: Anzahl Richtwertüberschreitungen bei Schwermetalluntersuchungen und durchgeführte Routineuntersuchungen.

Als Grundlage für die kantonale Massnahmenplanung wurde der aktuelle Stand der Energieeffizienz auf Zürcher ARA (> 1000 EW) ausgewertet. Hierzu wurden einerseits die gängigen Energiekennwerte bestimmt und auch der Gesamtenergiefluss auf Zürcher ARA berechnet. Die Berechnung der Eigenversorgung mit Wärme ist mit den vorhandenen Daten nicht möglich, jedoch verwenden über die Hälfte der 60 untersuchten ARA noch fossile Brennstoffe zur Deckung ihrer Wärmedefizite. Anhand der Energiekennwerte wird deutlich ersichtlich, dass grössere Anlagen pro EW weniger Strom benötigen und ebenfalls eine höhere Energieeffizienz bei der Klärgasverwertung aufweisen. Aus energetischer Sicht lohnt sich folglich die Zentralisierung. Die Bestandsaufnahme erlaubt zudem eine Abschätzung des Optimierungspotentials im Bereich Strom. Mittels Reduktion des Strombedarfs, höheren Wirkungsgraden bei den ARA-eigenen Blockheizkraftwerken und einer Verminderung des Klärgasverbrauchs für Heizung und Abfackelung kann die elektrische Eigenversorgung um weitere 12 % erhöht werden. Der vermehrte Einsatz von Photovoltaik und eine Mit-Vergärung von externen Substraten in der ARA bergen das Potential einer weiteren Steigerung der lokalen Stromproduktion. Die mit dem Abwasser zugeführte Wärme stellt das grösste Energiepotential auf einer ARA dar, hier wäre eine hundertprozentige Eigendeckung möglich.

Der Bericht «Energieeffizienz der Zürcher ARA - Quo vadis» ist ab Ende 2021 auf www.zh.ch/ara verfügbar.



Abb. 19: Das 2020 in Betrieb genommen Solarfaltdach der ARA Bassersdorf soll gemäss Prognose den Eigenversorgungsgrad beim Strom von 38 auf 60 % steigern.

Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Abteilung Gewässerschutz
Hardturmstr. 105, Postfach, 8090 Zürich
ara@bd.zh.ch
www.zh.ch/ara