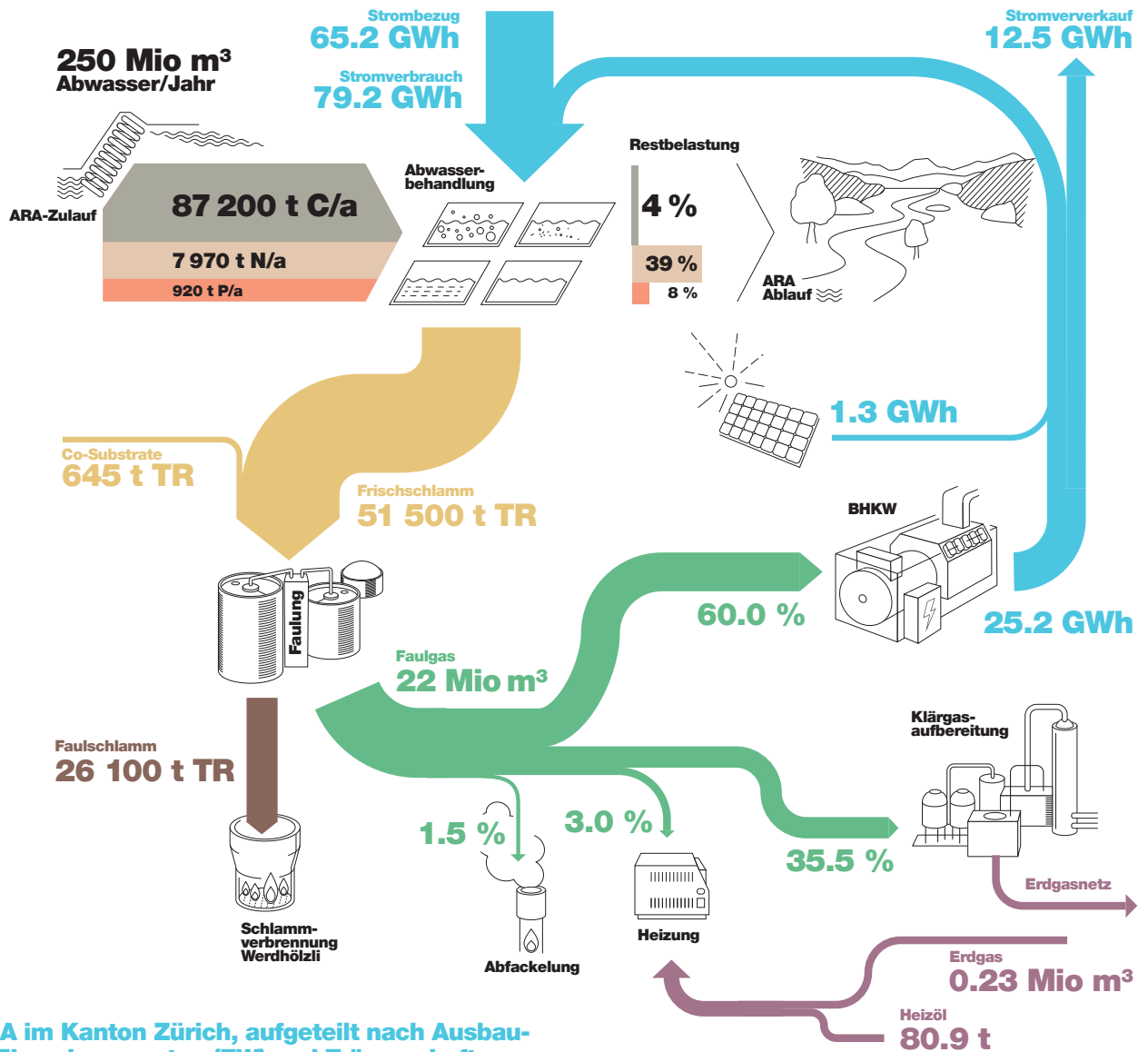


Stand der Abwasserreinigung im Kanton Zürich 2021

Das Abwasser von über 99 % der Bevölkerung des Kantons Zürich sowie aus Industrie- und Gewerbebetrieben wird zur Reinigung einer öffentlichen oder privaten Abwasserreinigungsanlage (ARA) zugeleitet. Auf den Seiten 2 und 3 sind die wichtigsten Kennzahlen der Zürcher ARA grafisch dargestellt (Abb. 1–4, Tab. 1).

Abb. 1
Stoff- und Energieflüsse auf Zürcher ARA für das Jahr 2021

Nährstoffe: ■ Kohlenstoff (C), ■ Stickstoff (N) und ■ Phosphor (P)
Schlämme: ■ Frisch- und ■ Faulschlamm
Energieflüsse: ■ Gas, ■ Heizöl, ■ Strom



Tab. 1:
Anzahl ARA im Kanton Zürich, aufgeteilt nach Ausbaugröße in Einwohnerwerten (EW) und Trägerschaft

Ende 2021 standen 77 öffentliche Anlagen in Betrieb. 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 KLARA gereinigt.

	2000	2005	2010	2015	2020	2021
Total ARA	204	221	220	215	203	201
Öffentliche ARA >500 EW	77	73	69	66	61	61
Öffentliche ARA <500 EW	36	31	27	22	18	16
Industrie-ARA	3	2	2	4	4	4
Private ARA <500 EW	88	115	122	123	120	120
Abwassermenge Mio. m ³	262	221	238	215	215	250

Ausrüstungsstand der öffentlichen Abwasserreinigungsanlagen

Abb. 2
Verteilung der Abwassermenge auf ARA-Grössenklassen

Die 6 grössten ARA im Kanton Zürich reinigen mehr als die Hälfte der anfallenden Abwassermenge.

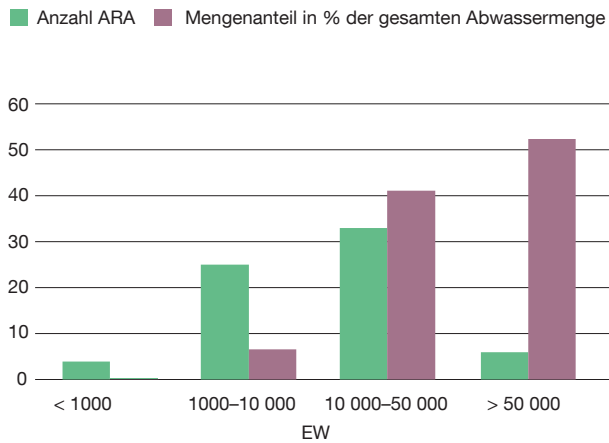


Abb. 3
Eingesetzte Abwasserbehandlungstechnik in den ARA

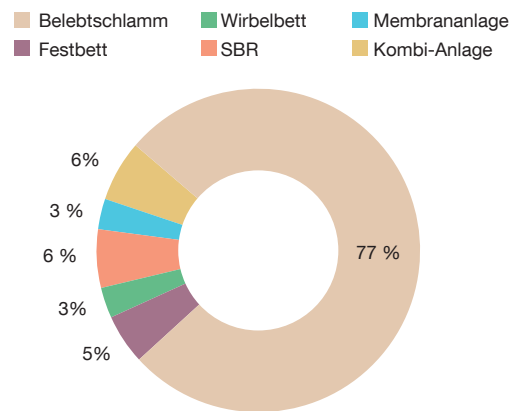
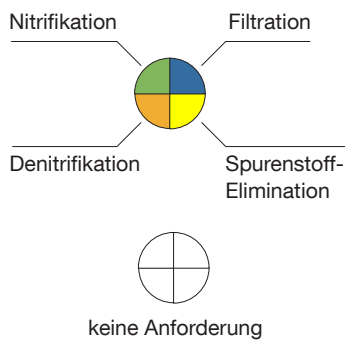
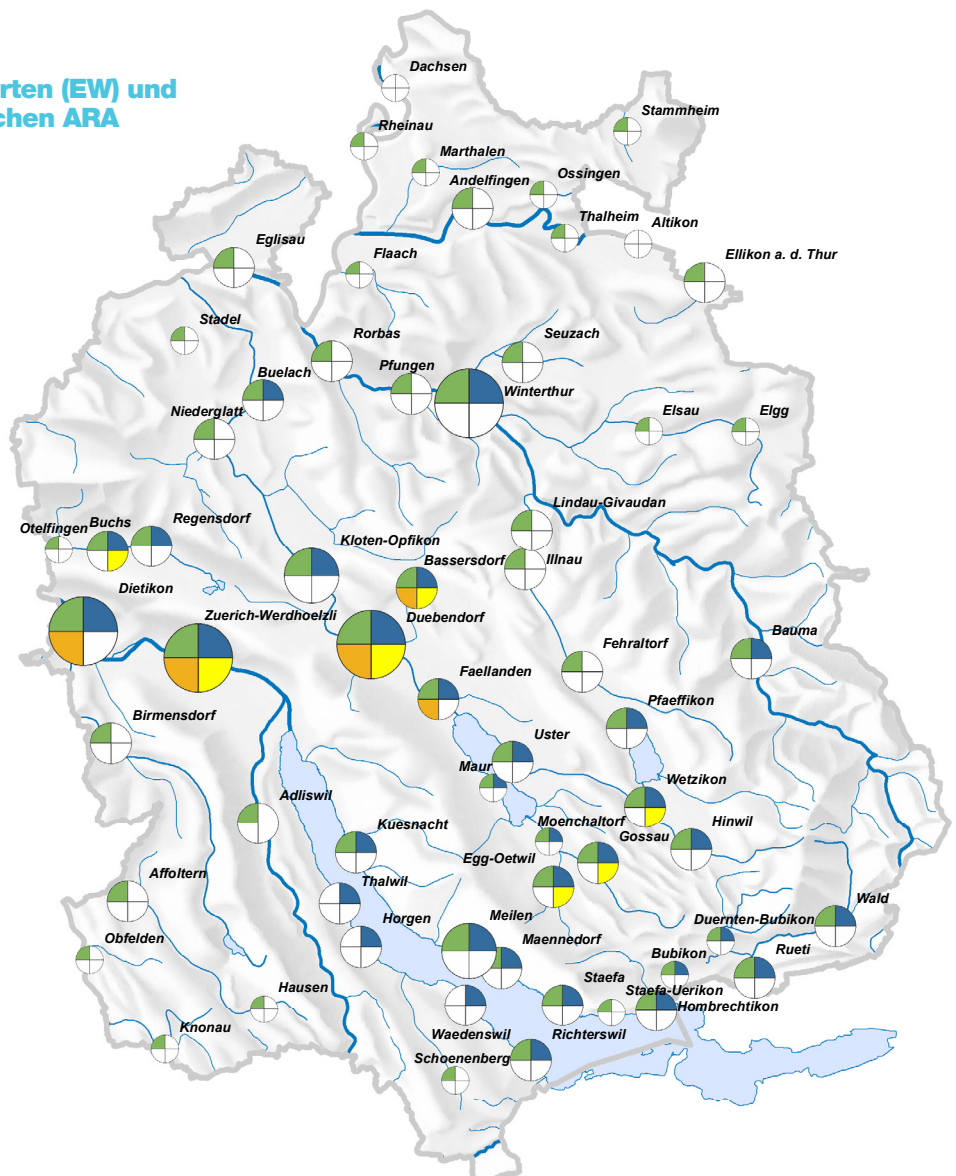
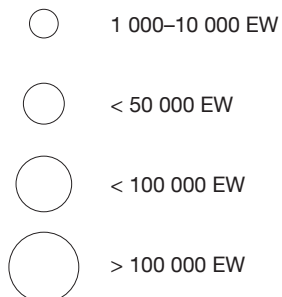


Abb. 4
Ausbaugrößen in Einwohnerwerten (EW) und Anforderungen an die öffentlichen ARA

Anforderung an die Abwasserbehandlung:



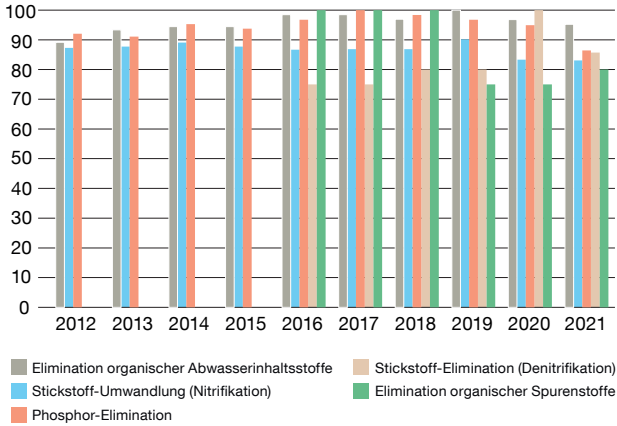
Ausbaugröße:



Bewertung und Qualität des gereinigten Abwassers

Die bereits hohe Reinigungsleistung der Zürcher ARA konnte in den letzten Jahren weiter verbessert und die Einleitungsbedingungen in die Gewässer mehrheitlich erfüllt werden

Abb. 5 Einhalten der Einleitungsbedingungen durch öffentliche ARA in %



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



Die Anforderungen an die Elimination der organischen Abwasserinhaltsstoffe konnten 95 % der ARA im Jahr 2021 erfüllen. An die 83 % der beurteilten ARA erfüllten die vorgeschriebenen Einleitungsbedingungen bezüglich Nitrifikation und 87 % bezüglich Denitrifikation. Bei der Elimination von Gesamt-Phosphor konnten 86 % der beurteilten ARA die Anforderungen einhalten. Bedingt durch die Inbetriebnahme neuer Anlagen konnten die Anforderungen zur Spurenstoff-Elimination (EMV) nur zu 80 % erreicht werden.

Abb. 6 Einhalten der Einleitungsbedingungen

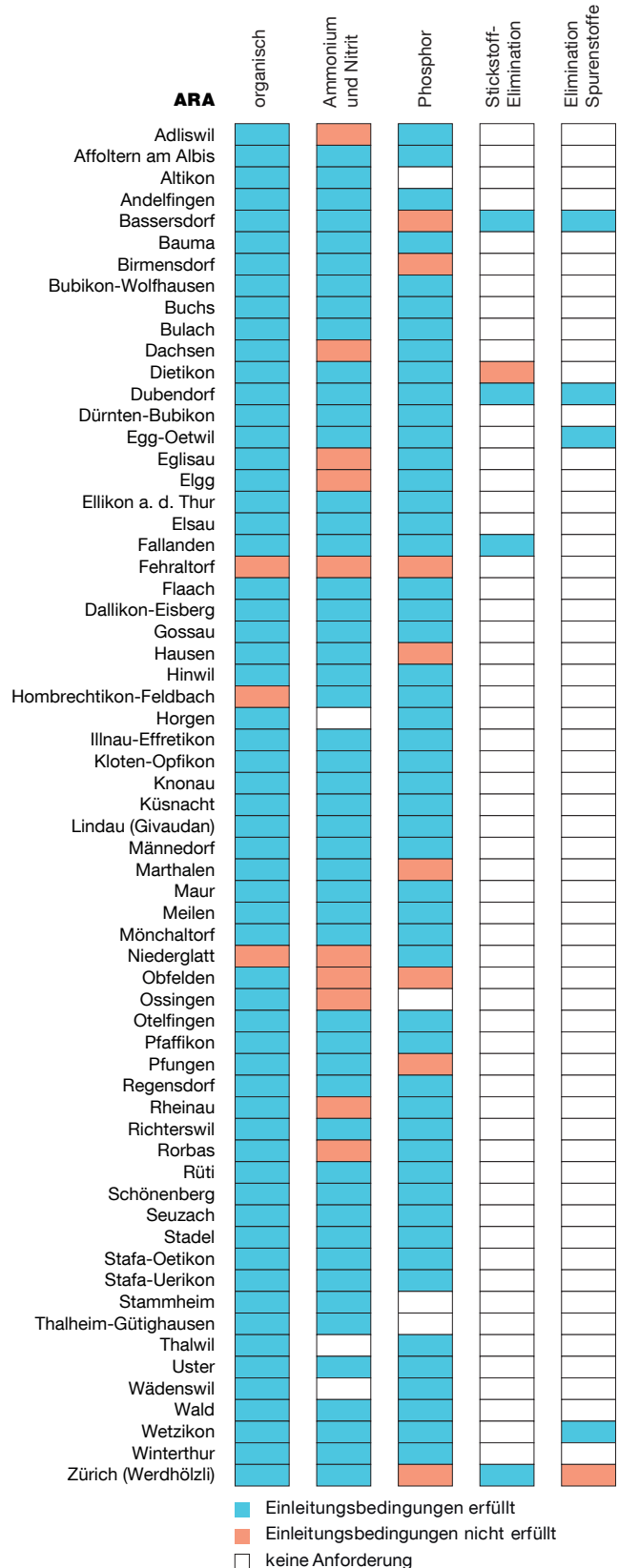
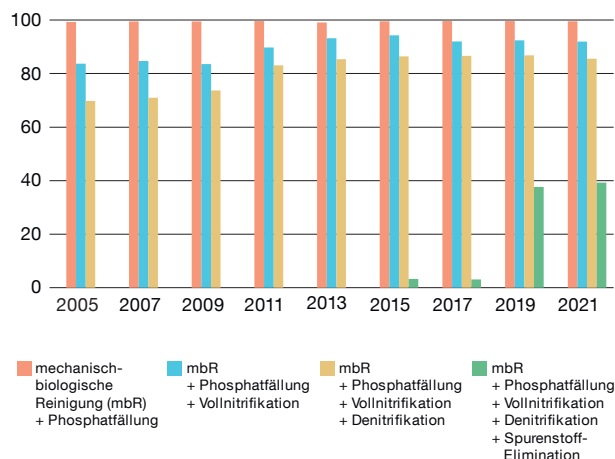


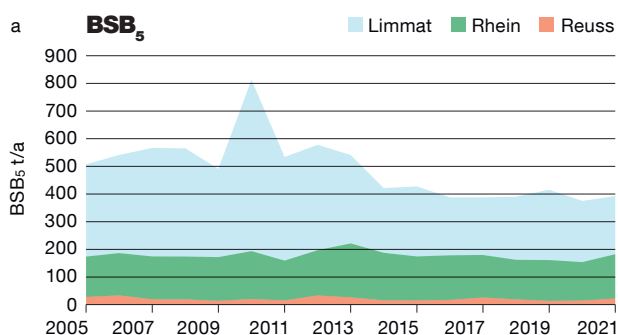
Abb. 7
Gereinigte Abwassermengen nach Verfahrens-
stufen, in % der gesamten behandelten Menge



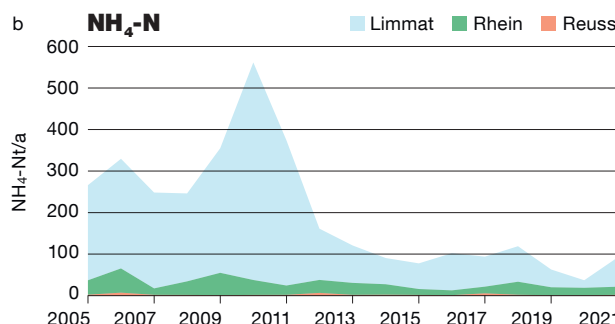
Dank der stetigen Sanierung und Erweiterung von ARA können die zu reinigenden Abwassermengen einer höheren Anzahl Verfahrensstufen zugeführt und die Schadstoffe weitergehend abgebaut werden. Trotz der Bevölkerungszunahme konnte damit die Restbelastung an Schmutzstoffen in den letzten Jahren weiter verringert werden (Abb. 7, Abb. 8).

Die sieben bereits zur EMV nachgerüsteten ARA erlauben es, 39 % der Abwassermenge bezüglich organischer Spurenstoffe zu reinigen. Bis im Jahr 2035 sollen insgesamt 34 ARA mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe zur EMV aufgerüstet werden.

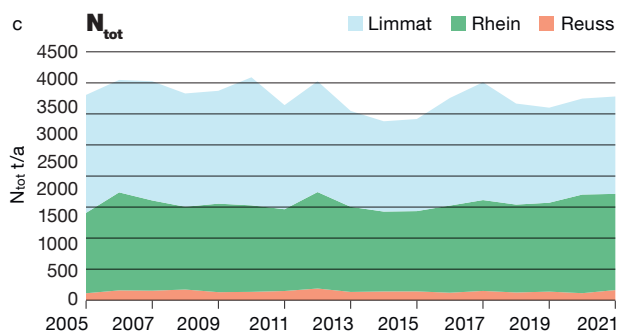
Abb. 8
Totale Ablauffrachten aufgeteilt nach Flusseinzugsgebieten



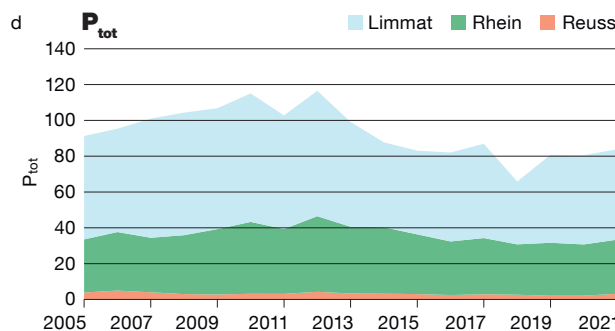
Der **Parameter BSB₅** (biochemischer Sauerstoffbedarf) ist ein Mass für den Gehalt an abbaubaren organischen Schmutzstoffen. Dank der bereits seit langem guten Abbauleistung Zürcher ARA blieben die Frachten in den vergangenen Jahren relativ konstant (Abb. 8a).



Ammonium (NH₄-N) ist eine fischgiftige Stickstoffverbindung. Der stete Rückgang der Ammoniumbelastung ist auf den Ausbau zahlreicher ARA um eine stabile und ganzjährige Nitrifikation zurückzuführen. Im Einzugsgebiet der Limmat ist der Erfolg dieser Massnahmen deutlich ersichtlich (Abb. 8b).



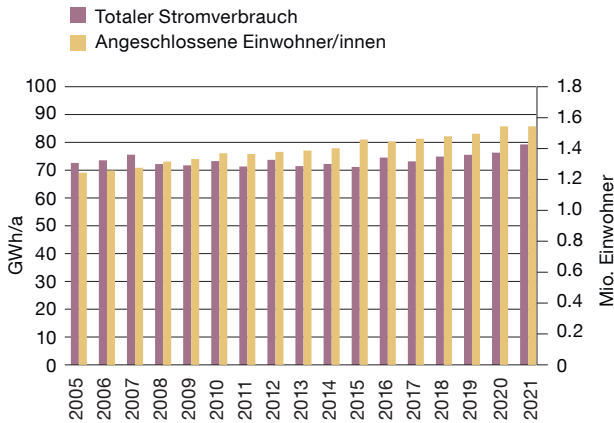
Gesamt-Stickstoff (N) ist ein Summenparameter. Er umfasst den organischen (Harnstoff, Peptide, Proteine) sowie den anorganischen Stickstoffanteil (Ammonium, Nitrat). Ein deutlicher Rückgang dieser Frachten ist erst mit einem weiteren ARA-Ausbau zu erwarten (Abb. 8c).



Biologisch reaktiver **Phosphor (Phosphat)** fördert v.a. in Seen das unerwünschte Algenwachstum. Mit Ausnahme einiger weniger kleinerer ARA müssen im Kanton Zürich alle Anlagen Phosphat aus dem Abwasser entfernen. Besonders strenge Anforderung gelten an Seen. Die Abflussfrachten konnten mit diesen Massnahmen weitestgehend optimiert werden (Abb. 8d).

Energieverbrauch und Energieproduktion

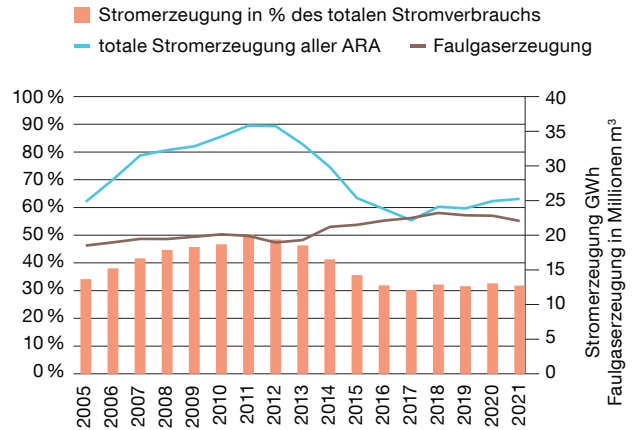
Abb. 9
Totaler Stromverbrauch aller Zürcher ARA und Entwicklung der Anzahl der angeschlossenen Einwohnerinnen und Einwohner



Der Stromverbrauch aller Zürcher ARA im Jahr 2021 betrug 79 300 MWh (1.54 Mio. angeschlossene Einwohnerinnen und Einwohnern, spezifischer Verbrauch von 51 kWh pro Einwohner und Jahr).

Trotz steigender Bevölkerungszahl und neuer, energieintensiver Reinigungsstufen stieg der Gesamtstromverbrauch aller ARA in den letzten 10 Jahren nur wenig an (Abb. 9, weitere Informationen: Bericht «Energieeffizienz auf Zürcher ARA 2020»).

Abb. 10
Totale Strom- und Faulgaszerzeugung aller Zürcher ARA. Anteil des durch Verstromung des Faulgases erzeugten Stroms am gesamten Stromverbrauch



Das bei der Schlammfäulung anfallende Faulgas wird in den Zürcher ARA grösstenteils zur Wärme- und Stromproduktion in einem Blockheizkraftwerk verwendet. Der Anteil der Stromerzeugung aus dem Faulgas am Gesamtstromverbrauch lag 2021 bei 32 %. Bei einzelnen, grösseren Anlagen wird das Klärgas nicht verstromt, sondern nach einer Aufbereitung in das Erdgasnetz eingespeist. Damit geht die gesamte Menge an erzeugtem Strom in den letzten Jahren stetig zurück (Abb. 10).

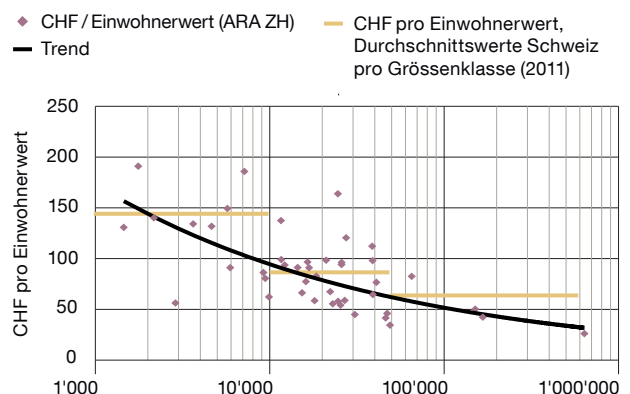
Zusätzlich zur Stromproduktion aus Klärgas wird Strom aus Solarenergie gewonnen. Derzeit stammen 1.7 % des von den ARA verbrauchten Stroms aus Fotovoltaik-Anlagen.

Kosten der Abwasserreinigung

Die ARA-Kosten (Personal-, Sach-, Kapitalkosten) sind von verschiedenen Faktoren abhängig, u.a. von der stofflichen Belastung und der geforderten Reinigungsleistung, welche einen dafür erforderlichen Ausrüstungsstand bedingen. Kleinere Anlagen haben verhältnismässig hohe Fixkosten, und solche mit komplexerer Reinigungstechnologie weisen höhere Kosten auf. Basierend auf Kennzahlen von Schweizer ARA reinigen grössere Anlagen das anfallende Abwasser besser, kostengünstiger und weisen eine grössere Betriebsstabilität auf (Abb. 11). Im Mittel werden für die Reinigung des Zürcher Abwassers rund 55.– pro Einwohnerwert und Jahr aufgewendet.

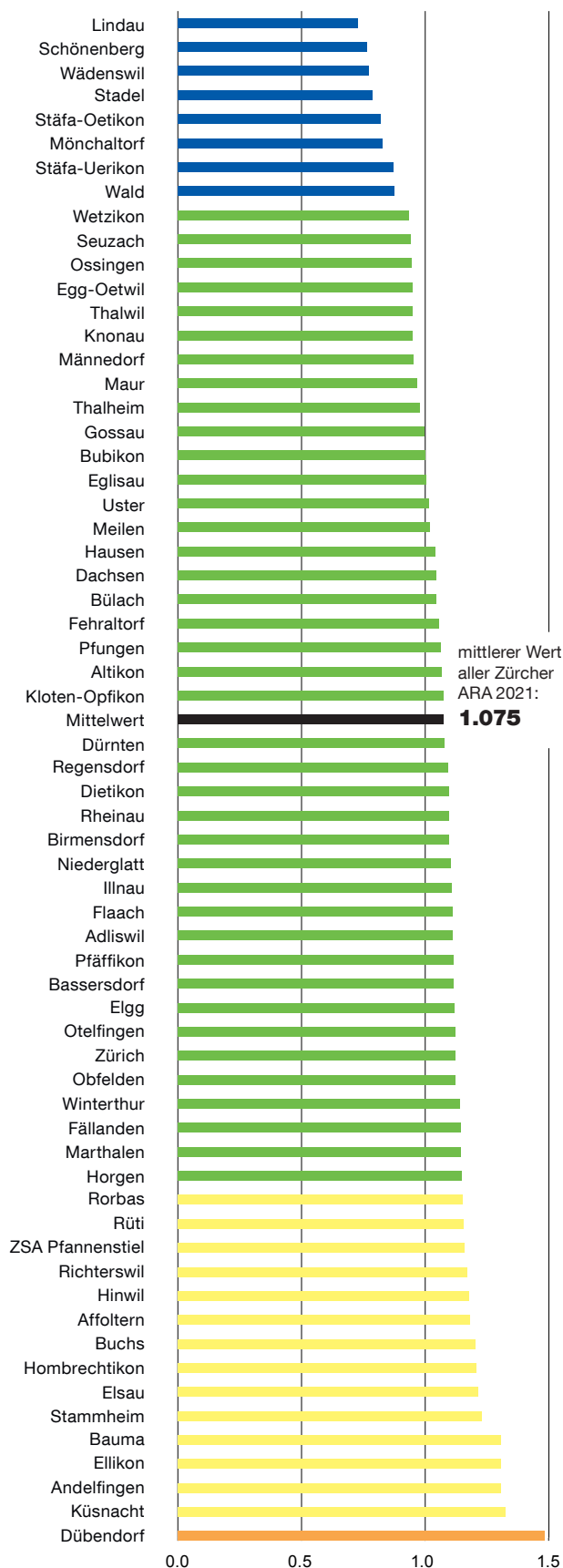
Abb. 11
ARA-Kosten 2021 pro angeschlossenen Einwohnerwert

(ohne Anteil Kanalisation) der Zürcher ARA im Vergleich zu schweizweiten Zahlen (Quelle CH-Kosten: Kosten und Leistungen der Abwasserentsorgung, VSA 2011)



Klärschlamm: Qualität und Entsorgung

Abb. 12
Schadstoffindizes der Zürcher Klärschlämme 2021



Schadstoffindex

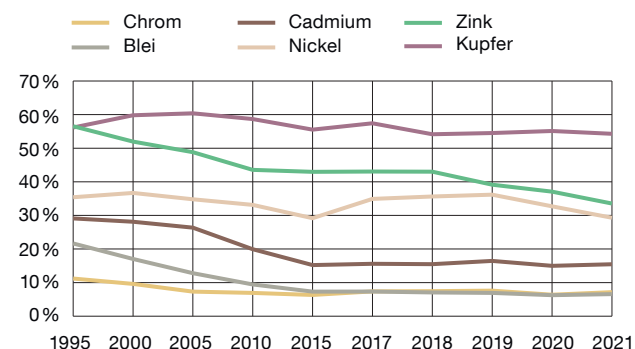
Im Klärschlamm sammeln sich Stoffe aus dem ganzen Einzugsgebiet einer ARA. Die Analyse von Schadstoffen im Klärschlamm bietet damit eine optimale Umweltbeobachtung. Viele Schadstoffe werden im Klärschlamm aufkonzentriert und während einiger Wochen im System behalten. Die Überwachung erlaubt somit Rückschlüsse über Art und Umfang der Einleitung von Schadstoffen durch Haushalte, Industrie- und Gewerbebetriebe in die Kanalisation.

Von besonderem Interesse sind dabei die Schwermetalle. Das Auftreten der Schadstoffe Quecksilber, Cadmium, Nickel, Chrom, Kupfer, Blei und Zink wird im sogenannten **Schadstoffindex (SI)** in Bezug gesetzt (Abb. 12). Grundsätzlich 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

Abb. 13
Schwermetallgehalte im Klärschlamm in % des jeweiligen Richtwerts



Zielwertüberschreitungen

Die Zahl der untersuchten Klärschlammproben ist abhängig von der Schadstoffbelastung und der Ausbaugrösse der ARA, und umfasst eine bis vier Messungen pro Jahr. Diese Routinemessungen erlauben es, langfristige Trends und temporäre Verschmutzungen zu verfolgen (Abb. 13). Im Jahr 2021 wurden gesamthaft 139 Klärschlammproben aus 61 öffentlichen ARA auf Schwermetalle untersucht. Werden dabei Zielwertüberschreitungen gemessen, trifft das AWEL weiterführende Abklärungen im Einzugsgebiet der ARA. Können die Verursacher der erhöhten Belastung ausfindig gemacht werden, dann ordnet das AWEL die notwendigen Sanierungsmassnahmen an.

Lachgasemissionen aus der Faulwasserbehandlung



Lachgas (N₂O) ist ein wichtiges Treibhausgas und zusätzlich am Abbau von Ozon beteiligt. Auf Schweizer ARA ist die Faulwasserbehandlung zur Reduktion des Stickstoffgehalts (Entstickung), welche vor allem mit dem Anammox-Verfahren durchgeführt wird, eine potenzielle Quelle von Lachgas.



Lachgas-Probenahme mittels Gashaube in einer Faulwasserbehandlungsanlage.

In Zusammenarbeit mit der Eawag wurden stichprobenartig die Lachgas-Emissionen von 11 Faulwasserbehandlungsanlagen ermittelt. Erste Ergebnisse zeigen, dass sowohl ein- als auch zweistufig betriebene Anammox-Anlagen nicht vernachlässigbare Lachgasemissionen verursachen (Abb. 14). Der Emissionsfaktor (EF, Anteil des als Lachgas emittierten Stickstoffs im Vergleich zum behandelten Stickstoff) lag bei den Messungen zwischen 1–19 %.

Dabei weisen Anlagen mit zweistufigem Verfahren höhere Emissionen auf (EF 1–16 %) als solche mit einstufigem Verfahren (EF 0.1–3 %). Bei beiden Verfahren liegen die Messwerte höher als aus Literaturwerten erwartet wurde.

Der Vergleich der Stichproben mit den Langzeitdaten aus dem aktuellen Lachgasmonitoring der ARA Thunersee und Bern zeigt, dass eine grössere Anzahl von Stichproben notwendig ist, um den EF einer Anlage sicher abschätzen zu können. Die detaillierten Ergebnisse der Studie wurden in der März-Ausgabe 2023 der Fachzeitschrift Aqua & Gas publiziert.

Abb. 14
Lachgas-Emissionsfaktoren und erreichte Entstickung bei der Faulwasserbehandlung

Emissionsfaktoren (Säulen) und Entstickungsraten (Punkte) von 11 untersuchten ARA (A–K).

