

ZUSÄTZLICHE REINIGUNGSSTUFE ZEIGT WIRKUNG

ERFOLGSKONTROLLE IN ZÜRCHER GEWÄSSERN

Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser belasten die Gewässer und führen regelmässig zu Überschreitungen von gesetzlichen Anforderungen. Deshalb werden Abwasserreinigungsanlagen mit zusätzlichen Reinigungsstufen zur Elimination von Mikroverunreinigungen ausgerüstet. Mit einer auf Messungen im Gewässer basierten Wirkungskontrolle können erste Erfolge nachgewiesen werden.

Christian Götz, Jürg Sinniger, Pius Niederhauser, Urs Holliger,
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Kanton Zürich*

RÉSUMÉ

L'ÉPURATION SUPPLÉMENTAIRE DES EAUX USÉES PORTE SES FRUITS – CONTRÔLE DE RÉUSSITE DANS LES EAUX ZÜRCHOISES

Les eaux usées épurées au sein d'une station d'épuration des eaux usées (STEP) traditionnelle contiennent un large éventail de composés traces organiques appelés micropolluants qui parviennent jusqu'à nos cours d'eau. Afin d'éliminer ces composés des eaux usées, le processus d'épuration de STEP sélectionnées sur l'ensemble du territoire a été complété par une étape additionnelle. Dans le canton de Zurich, cinq STEP ont jusqu'à présent mis en service une telle étape d'épuration supplémentaire, dont la plus grande STEP du canton, celle de Zürich-Werdhölzli, qui déverse ses eaux dans la Limmat. Les mesures des micropolluants réalisées dans l'affluent et l'effluent de cette STEP ainsi que dans les eaux réceptrices de ces eaux usées prouvent l'efficacité de cette mesure. Dans le bassin versant de la Limmat, les charges de certains micropolluants ont pu être réduites jusqu'à 70% après l'adjonction de l'étape supplémentaire dans la STEP de Zürich-Werdhölzli. Grâce à cette mesure, la qualité de l'eau dans la Limmat mesurée en fonction du risque qu'elle présente pour les organismes aquatiques s'est améliorée pour passer de «insatisfaisante» à «bonne» voire «très bonne». Du fait de l'amélioration de l'épuration des eaux usées, une réduction de la charge et de la concentration en micropolluants a pu être détectée dans d'autres parties du canton, comme dans la vallée de la Glatt.

MIKROVERUNREINIGUNGEN AUS KOMMUNALEM ABWASSER

Viele der Mikroverunreinigungen (MV) in unseren Gewässern haben ihren Ursprung in den Siedlungsgebieten. Sie stammen beispielsweise aus Produkten, die in Haushalten, in Pflegeeinrichtungen sowie Industrie und Gewerbe verwendet werden. Dazu gehören Reinigungs- und Desinfektionsmittel, Medikamente, Kosmetika oder Korrosionsschutzmittel. Da die Wirkstoffe, die in diesen Produkten enthalten sind, in herkömmlichen Abwasserreinigungsanlagen (ARA) nicht oder nicht vollständig aus dem Abwasser entfernt werden, gelangen sie mit dem gereinigten Abwasser in die Gewässer. Besonders im dicht besiedelten und intensiv genutzten Mittelland der Schweiz ist die Belastung der Gewässer durch MV hoch.

Um das Risiko eines einzelnen Stoffes auszudrücken, kann die gemessene Umweltkonzentration durch das chronische Qualitätskriterium (CQK) geteilt und so der Risikoquotient (RQ) gebildet werden. Wenn der RQ eines Stoffes höher als 1 ist, kann eine Schädigung der Wasserlebewesen nicht ausgeschlossen werden. Das Risiko, das von der Gesamtheit der rund 30 untersuchten Stoffe für die Gewässer ausgeht, kann als Summe der Risikoquotienten für die chronische Belastung («chronischer Risikoquotient», CRQ) ausgedrückt werden [1].

* Kontakt: christian.goetz@bd.zh.ch

Die Produkte, aus denen die MV im kommunalen Abwasser stammen, werden das ganze Jahr über in mehr oder weniger gleichbleibenden Mengen verwendet. Die Konzentrationen der Verbindungen in den Gewässern – und somit das Risiko, das sie für die im Wasser lebenden Organismen darstellen – korrelieren deshalb mit dem jeweiligen Anteil an gereinigtem Abwasser. In *Figur 1* ist die maximale Summe der auf Messdaten basierende CRQ in Abhängigkeit des Abwasseranteils bei Trockenwetter dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass für die dargestellten Gewässer Glatt, Reppisch, Aabach und Furtbach von einem erhöhten Risiko für die Wasserlebewesen, das auf MV aus kommunalem Abwasser zurückzuführen ist, ausgegangen werden muss. In vielen Gewässern überschreiten die Arzneimittel Azithromycin, Clarithromycin und Diclofenac regelmässig die seit dem 1. April 2020 in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) in Anhang 2 festgelegten numerischen Anforderungen. Stellt ein Kanton eine Überschreitung der Grenzwerte fest, ist er aufgrund der GSchV verpflichtet, die Ursachen der Überschreitungen abzuklären und Massnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität einzuleiten. Wenn Überschreitungen weitverbreitet festgestellt werden, muss der Bund übergeordnete Massnahmen zur Reduzierung der Belastung einleiten, sodass diese weitverbreiteten Überschreitungen nicht mehr auftreten [2].

AUSBAU DER ABWASSERREINIGUNGSANLAGEN

Zum Schutz der Wasserlebewesen und der Trinkwasserressourcen in der Schweiz werden deshalb bis 2040 ausgewählte ARA mit zusätzlichen Reinigungsstufen ausgerüstet, welche MV aus dem Abwasser entfernen. Die gesetzlichen Grundlagen zu diesem Vorhaben traten am 1. Januar 2016 in Kraft. Als Verfahren für die weitergehende Abwasserreinigung bieten sich vor allem die Adsorption an Aktivkohle sowie die Behandlung mit Ozon an. Beide Technologien sind in der Lage, eine Vielzahl von MV aus dem Abwasser zu entfernen [3]. Vom Ausbau betroffen sind die grössten ARA, grosse ARA im Einzugsgebiet von Seen sowie ARA, die in Fliessgewässern mit einem hohen Anteil an gereinigtem Abwasser einleiten. Die ausgebauten ARA müssen gemäss Vorgaben der GSchV mindestens 80% der Spurenstoffe, gemessen anhand von zwölf Leitsubstanzen, aus dem Abwasser entfernen. Schweizweit soll so die aus ARA in die Gewässer eingetragene MV-Fracht um 50% reduziert werden.

Im Kanton Zürich werden bis zum Jahr 2035 34 ARA mit einer Reinigungsstufe für die Elimination von Mikroverunreinigungen (EMV-Stufe) ergänzt, Ende 2020 waren fünf davon bereits in Betrieb. In *Figur 2* ist der Ausbaustand der ARA im Kanton Zürich Ende 2020 wiedergegeben.

Im Glatttal sind zwei ARA mit einer Stufe zur weitergehenden Abwasserreinigung ausgebaut. Als erste Anlage der Schweiz nahm die ARA Neugut in Dübendorf 2014 eine Ozonanlage in Betrieb. Auf der ARA Eich in Bassersdorf wurde mit dem Ausbauprojekt 2016 bis 2018 eine neue Verfahrensstufe mit Ozonung und Sandfiltration realisiert. Ein Sandfilter nach der Ozonung wirkt als nachgeschaltete biologisch aktive Verfahrensstufe, um abbaubare Produkte, die bei der Ozonung entstehen, zu entfernen. Im Zürcher Oberland wurden die ARA Wetzikon und ARA Esslingen (Egg-Oetwil) mit einer Pulveraktivkohlestufe ausgerüstet, die im Juni 2019 bzw. im November 2020 in Betrieb genommen wurde. Zu den Anlagen, die bereits ausgerüstet sind, gehört auch die grösste ARA im Kanton

Zürich, die ARA Zürich-Werdhölzli. Seit Frühjahr 2018 wird dort das gesamte Abwasser vor der Einleitung in die Limmat zusätzlich mit Ozon und anschliessender Sandfiltration behandelt.

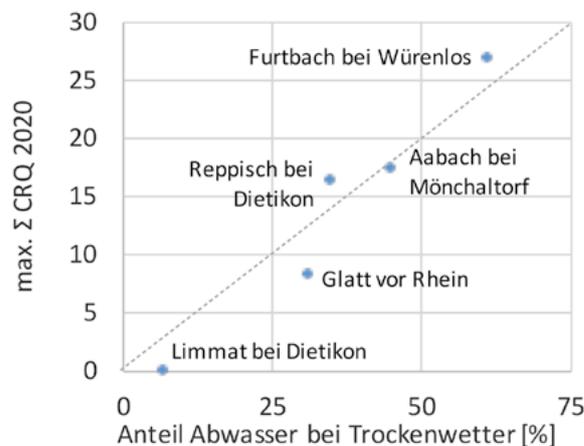


Fig. 1 Risiko für Wasserorganismen (maximale Summe CRQ für Stoffe aus kommunalem Abwasser) vs. Anteil Abwasser bei Trockenwetter.

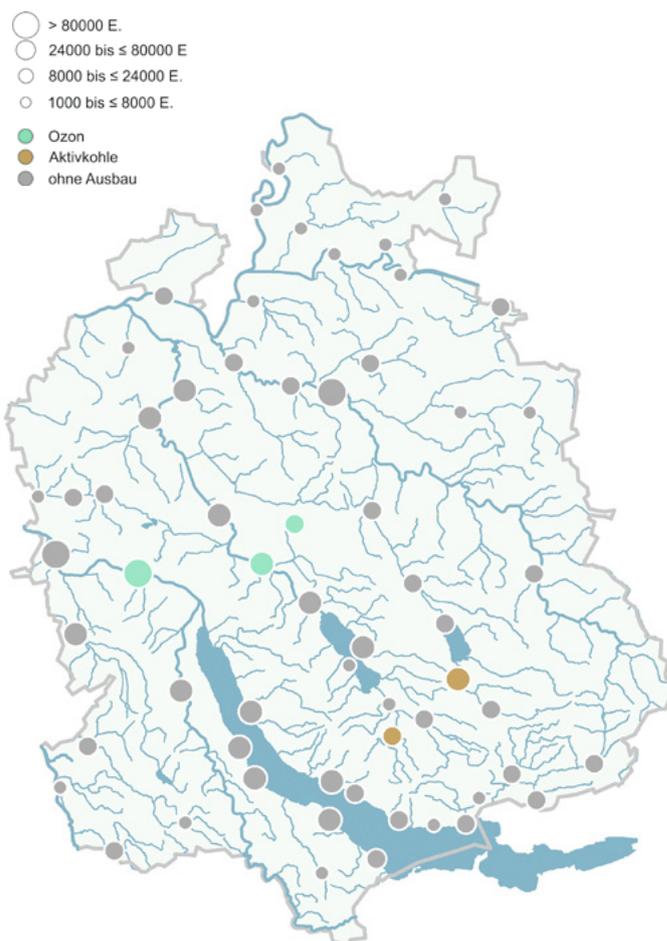


Fig. 2 Ausbau von Zürcher ARA mit einer Ozonung (grün) oder Pulveraktivkohlestufe (rot). Stand Ende 2020.

ÜBERPRÜFEN DES ERFOLGS DER MASSNAHMEN

Artikel 50 des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) verpflichtet Bund und Kantone, die Öffentlichkeit über den Gewässerschutz und den Zustand der Gewässer zu informieren; insbesondere auch über den Erfolg von Massnahmen. Dies verpflichtet die Behörden, eine Funktions- und Wirkungskontrolle des Ausbaus der ARA mit weitergehenden Reinigungsstufen zur Elimination von Mikroverunreinigungen durchzuführen und über die Ergebnisse zu informieren.

FUNKTIONSKONTROLLE

Zur Überprüfung des Reinigungseffekts der EMV-Stufe werden aus dem Zufluss einer ARA (Rohabwasser oder Zufluss Biologiestufe) und dem Abfluss der ARA periodisch Proben genommen und auf MV hin analysiert (Fig. 3). Im Kanton Zürich werden dafür zwei aufeinanderfolgende mengenproportionale 24-Stunden-Sammelproben verwendet, die zu 48-Stunden-Mischproben vereinigt werden. Die zu messenden Substanzen sind in einer Verordnung des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) festgelegt [4].

Der Nachweis, dass mit den weitergehenden Reinigungsstufen die gesetzlich geforderte Elimination von 80% der MV erreicht wird (Funktionskontrolle), muss im Kanton Zürich von der ARA selbst er-

bracht werden. Je nach Grösse der Anlage müssen dabei vier bis zwölf Messungen pro Jahr gemacht werden, im ersten Jahr nach der Inbetriebnahme oder bei Nichteinhalten der gesetzlichen Vorgaben doppelt so viele. Der Kanton Zürich führt zur Überwachung der Selbstkontrolle in den entsprechenden Anlagen viermal pro Jahr Kontrollmessungen durch. In ARA, in denen Online-UV/VIS-Sonden vorhanden sind, können diese ergänzend zur Funktionskontrolle ausgewertet werden. Die Reduktion des spektralen Absorptionskoeffizienten (SAK) bei 254 nm korreliert in der Regel sehr gut mit dem Abbau der MV über die weitergehende Stufe.

WIRKUNGSKONTROLLE

Eine Möglichkeit, die Wirkung der MV-Elimination auf ARA nachzuweisen, ist das Monitoring einer Auswahl an MV im Gewässer und die anschliessende Beurteilung der Wasserqualität mittels Qualitätskriterien. Für die Auswertungen in diesem Bericht wurden 2-Wochen-Mischproben in den Gewässern erhoben. Da die Stoffe aus kommunalem Abwasser in der Regel sehr gleichmässig in die Gewässer eingetragen werden, kann die Überprüfung gegebenenfalls auch mit Momentanproben erfolgen. Es bietet sich auch die Ermittlung von Frachten an, da ein Fließgewässer an einer bestimmten Stelle, wie eingangs erwähnt, über das Jahr hinweg immer die etwa gleiche Fracht einer bestimmten Mikroverunreinigung aus kommunalem Abwasser mit sich führen sollte.

Biologische Wirkungskontrollen sind aktuell noch schwierig umzusetzen, und es existiert noch keine robuste und etablierte Methode. Eine grundsätzliche Schwierigkeit ist, dass der biologische Zustand neben der chemischen Belastung durch zahlreiche weitere, teilweise stärker dominierende Faktoren bestimmt wird. Dazu gehören Pflanzenschutzmittelrückstände aus landwirtschaftlichen und privaten Anwendungen, die Temperaturerhöhung aufgrund der Klimaveränderung, die Morphologie und auch Nährstoffeinträge.

Für die Wirkungskontrolle anhand von chemischen Messungen ist die Auswahl einer geeigneten Palette an MV entscheidend. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat dazu von der VSA-Plattform «Wasserqualität» mit Unterstützung der Eawag die wichtigsten Stoffe in einem aufwendigen Verfahren eruieren lassen [5]. Diese wurden in das Nationale Oberflächengewässerbeobachtungsprogramm NAWA eingespeist und werden durch die kantonalen Umweltlaboratorien im Auftrag des BAFU gemessen.

Zu den MV auf dieser Liste, die in Gewässern in so hohen Konzentrationen vorkommen, dass sie auch in grossen Gewässern wie der Limmat nachgewiesen werden können, gehören die Arzneimittel Diclofenac und Hydrochlorthiazid. Fig. 4 zeigt deren Frachten in Zulauf (*dunkle Balken*) und Ablauf (*helle Balken*) der ARA Werdhölzli. Mit Inbetriebnahme der weitergehenden Reinigungsstufe konnten die Frachten der beiden Verbindungen im gereinigten Abwasser um mehr als 90% reduziert werden. Dies macht sich entsprechend auch in der Limmat bei Dietikon bemerkbar. In Fig. 4 sind die Frachten von Diclofenac und Hydrochlorthiazid in der Limmat nach vollständiger Durchmischung des Abwassers der ARA Werdhölzli mit dem Flusswasser aufgeführt (*schwarze Rechtecke*). Die Messungen zeigen, dass die Ozonung des gereinigten Abwassers die Frachten von Diclofenac und Hydrochlorthiazid auch im Gewässer massiv reduziert. Mit der aktuell im Gewässerschutzlabor angewandten Analytik sind die in der Limmat vorliegenden Konzentrationen nicht mehr quantifizierbar (n. b.).

Die Fracht- und Konzentrationsreduktion in der Limmat widerspiegelt sich auch in einer deutlich besseren Beurteilung der Wasserqualität basierend auf der Risikoabschätzung für Wasserorganismen.



Fig. 3 Entnahme von Sammelproben auf der Kläranlage.

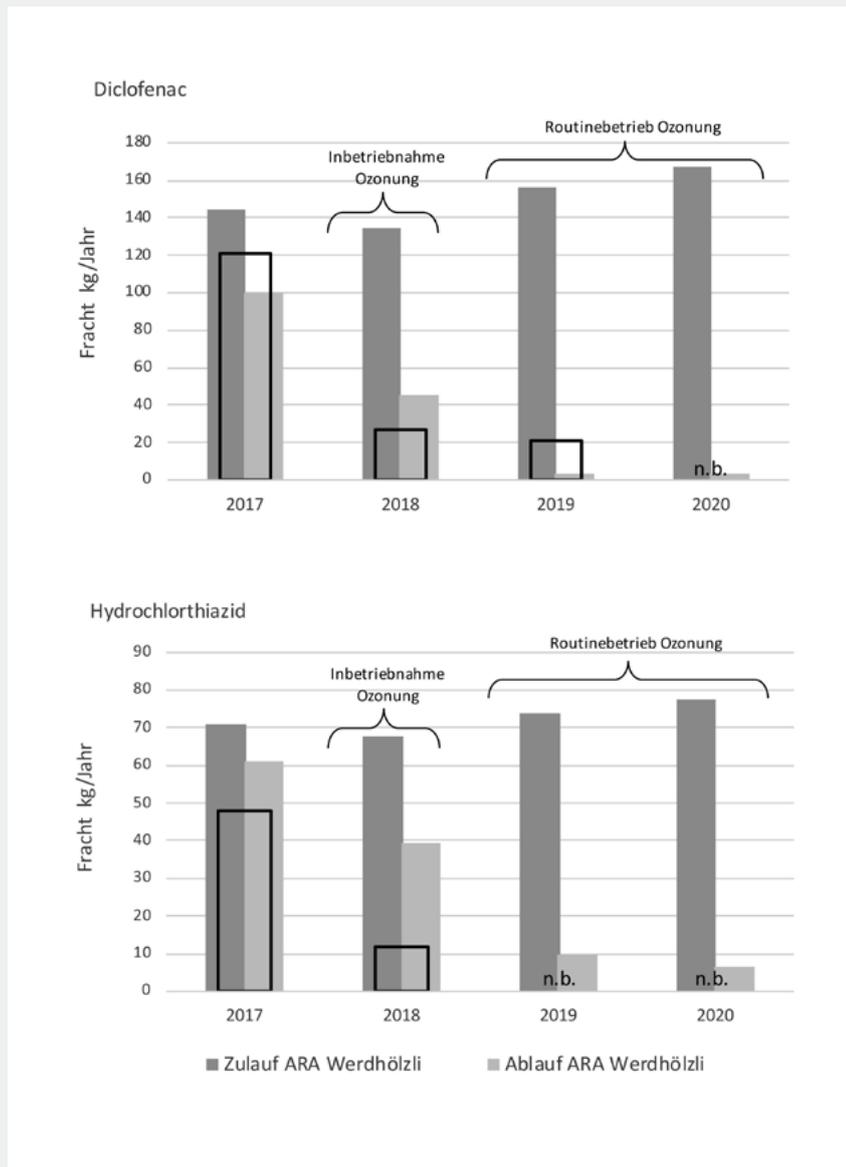


Fig. 4 Diclofenac- und Hydrochlorthiazid-Frachten (kg/Jahr) in Zulauf und Ablauf der ARA Werdhölzli sowie in der Limmat bei Dietikon.

Diclofenac hat ein tiefes CQK von 0,05 µg/l. In abwasserbelasteten Gewässern dominiert deshalb häufig diese Verbindung die Gesamtbeurteilung. Das heisst, wenn Diclofenac das chronische Qualitätskriterium einhält, machen dies in der Regel auch alle weiteren bekannten Stoffe aus dem kommunalen Abwasser. Dies ist auch in der Limmat bei Dietikon der Fall. *Figur 5* demonstriert eindrücklich, dass nach der Inbetriebnahme der Ozonung auf der ARA Werdhölzli die Konzentration von Diclofenac in der Limmat nie mehr das CQK von 0,05 µg/l überschritten hat. Die chemische Wasserqualität der Limmat, bestimmt anhand sämtlicher im NAWA-Programm gemessener Mikroverunreinigungen, hat sich von unbefriedigend auf gut bis sehr gut verbessert.

ENTWICKLUNG DER STOFFFRACHTEN IM KANTON ZÜRICH

Im Rahmen der Umweltbeobachtung des Kantons Zürich, die ergänzend zum NAWA-SPEZ-Programm und weiteren Programmen des Bundes seit vielen Jahren durchgeführt wird, werden an zwölf sogenannten «Hauptmessstellen» im Kanton Zürich quartalsweise 14-Tages-Sammelproben (bis 2016 Wochensammelproben) entnommen und auf Mikroverunreinigungen untersucht. Die Hauptmessstellen decken alle Einzugsgebiete der Gewässer des Kantons ab und bieten somit eine ideale Datengrundlage für die Erfolgskontrolle des Ausbaus der ARA gemäss Art. 50 des Gewässerschutzgesetzes.

Figur 6 zeigt, wie sich die Frachten von Diclofenac zwischen den beiden Perioden 2015–2017 und 2018–2020 in sechs Haupteinzugsgebieten des Kantons Zürich entwickelt haben. Bei den Messstellen Limmat bei Dietikon (Ausbau ARA Werdhölzli) und Glatt vor Rhein (Ausbau ARA Dübendorf und Bassersdorf) kann eine Abnahme der Gesamtfrachten von Diclofenac nachgewiesen werden. Insgesamt konnte die Fracht an Diclofenac in den sechs Haupteinzugsgebieten im Kanton Zürich um mehr als 50% reduziert werden.

FAZIT

Allgemein rechnet man damit, dass die Belastung der Gewässer durch MV aus Industrie, Gewerbe, Pflegeeinrichtungen

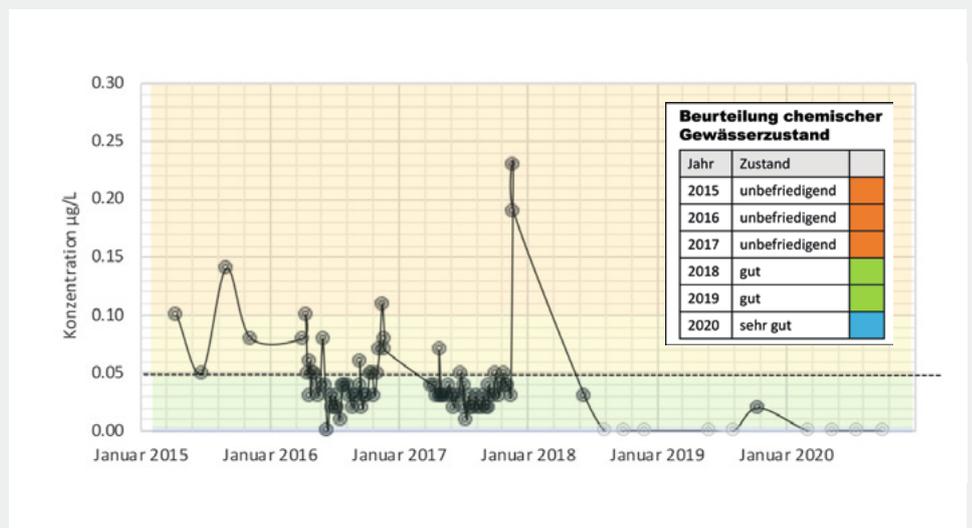


Fig. 5 Gemessene Konzentrationen an Diclofenac in 14-Tages-Sammelproben der Limmat bei Dietikon seit 2015 und Beurteilung der chemischen Wasserqualität auf Jahresbasis. Grau transparente Punkte liegen unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze.

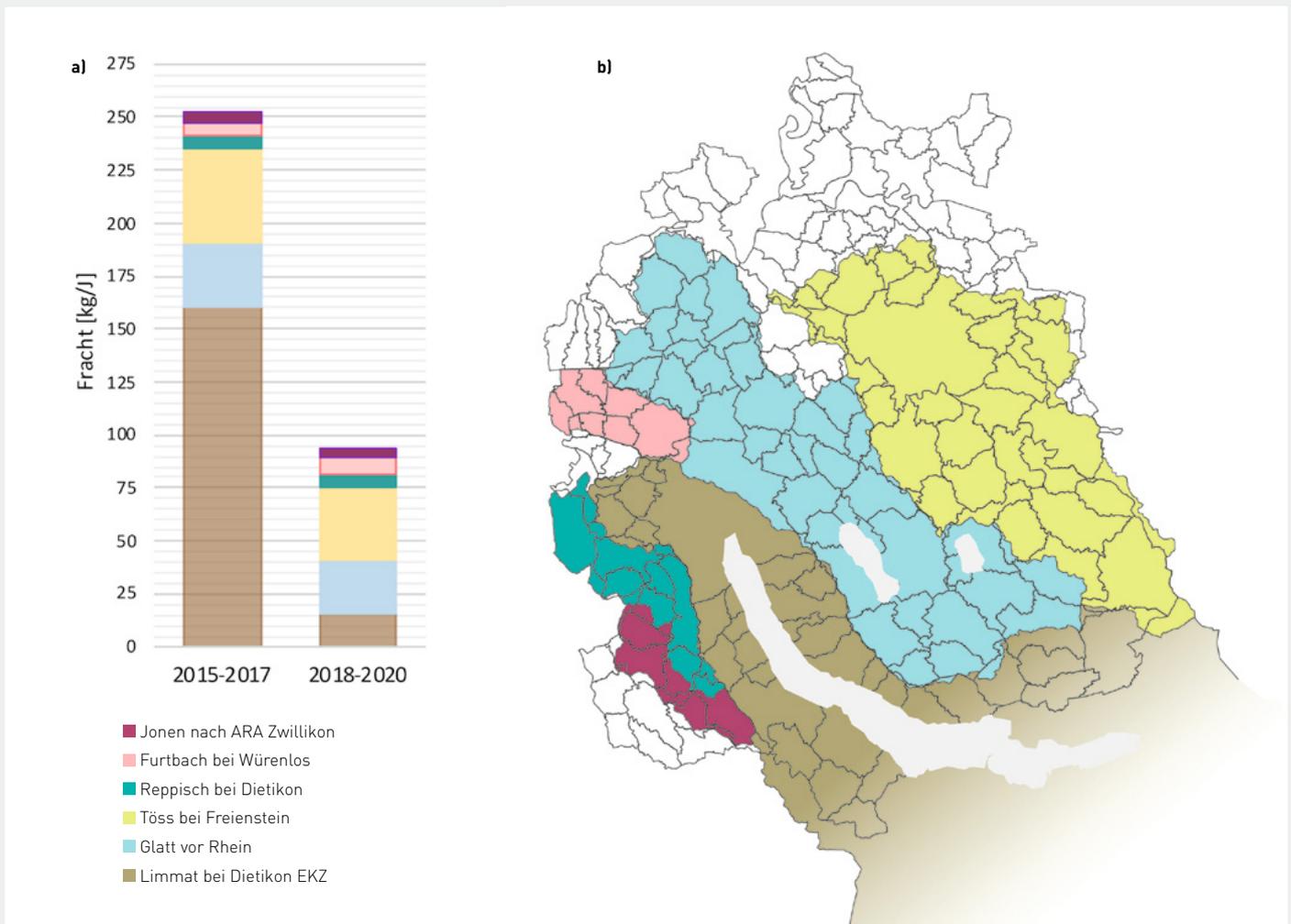


Fig. 6 a) Entwicklung der Jahresfracht von Diclofenac von 2015 bis 2017 und von 2018 bis 2020 in sechs Haupt-einzugsgebieten im Kanton Zürich, die in der Karte in b) dargestellt sind.

und Haushalt weiterhin zunehmen wird. Einerseits dürfte sowohl die Vielfalt der Chemikalien als auch derjenigen Produkte, die Chemikalien enthalten, grösser werden, andererseits wächst die Bevölkerung und mit ihr die Verkaufsmengen dieser Produkte. Zudem steigt das Durchschnittsalter der Bevölkerung, was einen höheren Verbrauch an Arzneimitteln nach sich zieht. Verstärkt werden könnte die Problematik durch die Klimaerwärmung. Werden Phasen mit trockener Witterung häufiger, treten auch mehr

Niedrigwasserstände in den Bächen und Flüssen auf. Dies bedeutet eine schlechtere Verdünnung des gereinigten Abwassers und somit höhere Konzentrationen von MV in den Fliessgewässern. Trotz grösser werdender Bevölkerung und damit einhergehendem steigendem Verbrauch von Konsumchemikalien und Arzneimitteln konnte mit dem Ausbau der fünf ARA im Kanton Zürich eine Reduktion der Gesamtfracht einzelner MV um rund 50% erreicht werden. Ein Grossteil dieser Frachtreduktion ist auf den Ausbau der ARA Zürich-Werdhölzli zurückzuführen, die mit rund 470 000 angeschlossenen Einwohnern ca. ein Drittel der Zürcher Bevölkerung abdeckt. Die ARA Dübendorf, Bassersdorf, Wetzikon und Egg leisten mit kumulierten 115 000 angeschlossenen Einwohnern ebenfalls einen substanziellen Beitrag zur Gesamtreduktion der MV-Fracht im Kanton. In der Folge konnte die Wasserqualität in einzelnen Gewässern und Gewässerabschnitten deutlich verbessert werden. So weist die

Limmat bei Dietikon seit 2018 eine gute bis sehr gute Wasserqualität auf.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Spycher, S. et al. (2018): *Pesticide Risks in Small Streams – How to Get as Close as Possible to the Stress Imposed on Aquatic Organisms*, Environmental Science & Technology
- [2] Bundesamt für Umwelt (2020): *Revision Gewässerschutzverordnung – Strengere Grenzwerte stärken den Gewässerschutz* – <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/fachinformationen/revision-der-gewaesserschutzverordnung.html>
- [3] Wunderlin, P. et al. (2017) *Elimination von Mikroverunreinigungen auf ARA, Aktueller Stand der Verfahren und zukünftige Entwicklungen*, Aqua & Gas 1/17
- [4] UVEK (2016): *Art. 2 der Verordnung des UVEK zur Überprüfung des Reinigungseffekts von Massnahmen zur Elimination von organischen Spurenstoffen bei Abwasserreinigungsanlagen vom 3. November 2016 (Stand am 1. Dezember 2016)*
- [5] VSA-Plattform «Wasserqualität» (2021): *Website*. <https://waterquality.ch/projekte/stoffauswahl>

DANK

Vielen Dank an das Analytik-, Limnologie- und ARA-Team der AWEL-Abteilung «Gewässerschutz» für den grossen Einsatz bei der Beprobung und Analyse der ARA und Gewässer. Vielen Dank an *Sarina Schielke* und *Sabine Anliker* (beide AWEL) für das kritische Durchlesen und die Kommentare zum Artikel.

Polyethylen-Rohre in der Gas- und Wasserversorgung

NEU



Kosteneffizient

- Schnelle und kostengünstige Verlegung durch grabenlose Verlegeverfahren
- Abzweigungen – schnell und einfach
- Korrosions- und ablagerungsfrei



Langlebig

- Nutzungsdauer von über hundert Jahren
- Korrosionsfrei
- Flexibel – keine Setzungsschäden



Zuverlässig und sicher

- Sicheres und zuverlässiges Komplett-System
- Geringste Schadensrate aller Rohrmaterialien
- Höchste Qualität und Rückverfolgbarkeit – ideal für Verteil- und Transportleitungen



Nachhaltig

- 5 x geringere Umweltbelastung als metallische Rohrleitungen
- Höchste Qualität und ökologische Logistik von PE-Rohrsystemen durch unsere Mitglieder

**Ökologisch sinnvoll,
ökonomisch wertvoll**

VKR
Verband Kunststoff-Rohre
und -Rohrleitungsteile

TRINKEN SIE SCHON ROSTFREI?

DIE ROHRSANIERUNG VON INNEN

Die Lösung von heute für Wasserleitungen von gestern. Die Rohrsanierung von innen ist eine kostengünstige Alternative zur teuren und aufwendigen Neuinstallation. Hierbei werden die Wasserrohre nicht aufwendig ausgetauscht, sondern von innen gereinigt und mit einer Spezialbeschichtung dauerhaft geschützt.



ScanMich!



DR.ROHR

www.dr-rohr.ch