ECOPLAN Forschung und Beratung in Wirtschaft und Politik

HOLINGER the art of engineering

SCHLUSSBERICHT – 15.02.2024

Grundlagen zum Postulat 20.4087 Clivaz

Verunreinigungen des Trinkwassers mit Chlorothalonil: Wie reagieren und wie die nötigen Sanierungen finanzieren?

Im Auftrag des Bundesamtes für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV)

Impressum

Empfohlene Zitierweise

Autor:	Ecoplan, HOLINGER
Titel:	Grundlagen zum Postulat 20.4087 Clivaz
Untertitel:	Verunreinigungen des Trinkwassers mit Chlorothalonil: Wie reagieren und wie die nötigen Sanierungen finanzieren?
Auftraggeber:	Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen
Ort:	Bern
Datum:	15.02.2024

Begleitgruppe

Christian Schätti Zundel	(Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV)
Corin Schwab	(Bundesamt für Umwelt BAFU)
Julien Ducry	(Verband der Kantonschemiker der Schweiz VKCS, Office de la consommation, Canton de Vaud)
Rolf Meier	(Fachverband für Wasser, Gas und Wärme SVGW)

Projektteam Ecoplan

Samuel Zahner, Ecoplan (Projektleitung)
Angelika Hess, HOLINGER
André Müller, Ecoplan
Simon Streit, HOLINGER

Der Bericht gibt die Auffassung des Projektteams wieder, die nicht notwendigerweise mit derjenigen des Auftraggebers bzw. der Auftraggeberin oder der Begleitorgane übereinstimmen muss.

ECOPLAN AG

Forschung und Beratung
in Wirtschaft und Politik

www.ecoplan.ch

Monbijoustrasse 14
CH - 3011 Bern
Tel +41 31 356 61 61
bern@ecoplan.ch

Dätwylerstrasse 25
CH - 6460 Altdorf
Tel +41 41 870 90 60
altdorf@ecoplan.ch

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis **2**

Kurzfassung **4**

Résumé **10**

Sintesi **16**

Glossar / Abkürzungsverzeichnis **22**

1 Auftrag, Zielsetzung, Vorgehen **23**

1.1 Ausgangslage, Zielsetzung 23

1.2 Auftrag 23

1.3 Vorgehen 24

1.4 Unsicherheiten, Daten und Methoden 25

1.5 Rechtliche Ausgangslage 27

2 Übersicht der Belastungen im Grund- und Trinkwasser **29**

2.1 Chlorothalonil-Metaboliten im Grundwasser 29

2.2 PFAS im Grundwasser 30

2.3 Betroffene Wasserversorgungen, Trinkwassernetz 31

3 Hinweise zur natürlichen Konzentrationsabnahme **33**

4 Mögliche Sanierungsmassnahmen **36**

4.1 Kurz- bis mittelfristige Massnahmen 36

4.2 Langfristige Massnahmen 36

4.3 Diskussion und Priorisierung der Massnahmen 38

5 Aufbereitungsverfahren **40**

5.1 Mögliche Verfahren 40

5.2 Seewasserwerke 42

5.3 Umsetzungsdauer 42

5.4 Zwischenfazit Aufbereitungsverfahren 44

6 Umsetzungsvarianten **46**

6.1 Variante 1: Konzentration bei allen massgebenden Fassungen < 0.1 µg/L 48

6.2 Variante 2: Konzentration im Netz < 0.1 µg/L 49

6.3 Variante 3: Aufbereitung unter Berücksichtigung der natürlichen Konzentrationsabnahme .. 50
6.4 Variante 4: Aufbereitung bei PFAS 51

7 Finanzierungsmodelle 52
7.1 Die Kosten der Aufbereitung 52
7.2 Grundsätzliche Überlegungen zur Kostentragung 57
7.3 Diskussion möglicher Finanzierungsmodelle 59
7.3.1 Mittelverwendung 59
7.3.2 Mittelherkunft 61

8 Fazit und Empfehlungen 68

Anhang A: Vergleich der betrachteten Verfahren 71

Anhang B: Annahmen und Vorgehen zur Kostenschätzung 73

Anhang C: Generelle Annahmen zur Kostenschätzung 76

Anhang D: Kostengrundlagen nach Aufbereitungsverfahren 77

Anhang E: Annahmen zur Hochrechnung nach Umsetzungsvarianten 82

Literaturverzeichnis 83

Kurzfassung

Ausgangslage

Das Grundwasser im Schweizer Mittelland ist verbreitet mit Abbauprodukten (Metaboliten) von Chlorothalonil, einem in Pflanzenschutzmitteln (PSM) eingesetzten Wirkstoff, und teilweise auch mit per- und polyfluorierten Alkylverbindungen (PFAS) belastet. Der Einsatz von PSM-Produkten mit Chlorothalonil ist seit dem 1. Januar 2020 verboten, wobei in diesem Zusammenhang derzeit noch Entscheide des Bundesverwaltungsgerichts hängig sind[1]. Gleichzeitig sind verschiedene Bestrebungen im Gang, den vorsorglichen Grundwasserschutz zu verstärken, unter anderem durch die Ausscheidung von Zuströmbereichen. Sie kommen jedoch zu spät, um die Chlorothalonil- und PFAS-Problematik im Grundwasser zu lösen – Chlorothalonil und PFAS befinden sich als «Altlast» bereits im Grundwasser. Für den vorliegenden Bericht stellen sich daher folgende Leitfragen:

- *Wie kann der Höchstwert für **Chlorothalonil-Abbauprodukte im Trinkwasser** unter Berücksichtigung der **Prinzipien von Machbarkeit, Verhältnismässigkeit und Vorsorge möglichst rasch eingehalten** werden und wie sind solche Massnahmen zu **finanzieren**?*
- *Gibt es Synergien zur Einhaltung des voraussichtlich ab 2026 geltenden neuen Höchstwerts für **PFAS** im Trinkwasser?*

Im Zentrum des Berichts stehen die Grundlagen zur Beantwortung des Postulats 20.4087 Clivaz *«Verunreinigungen des Trinkwassers mit Chlorothalonil: Wie reagieren und wie die nötigen Sanierungen finanzieren?».* Weiter sollen auch Informationen zur Beratung der Motion 20.3052 Fluri *«Verursacherorientierte Finanzierung der zusätzlichen Trinkwasseraufbereitungsanlagen infolge strengerer Grenzwerte für Pflanzenschutzmittel»* im Parlament bereitgestellt werden.

Vorgehen, Bearbeitung

Im Rahmen des vorliegenden Berichts wurden verschiedene Grundlagen zusammengestellt zu möglichen Massnahmen, Aufbereitungsverfahren, Kosten und einem Mengengerüst den betroffenen Wasserversorgungen. Zusätzlich hat die Plattform Grundwasserschutz in einem separaten Bericht hydrogeologische Grundlagen zusammengestellt, die Hinweise auf die natürliche Konzentrationsabnahme geben. Als wichtigste Daten wurden die Messungen der Nationalen Grundwasserbeobachtung (NAQUA) und die Wasserstatistik des Fachverbands für Wasser, Gas und Wärme (SVGW) verwendet. Eine weitere wichtige Grundlage ist eine Umfrage des Bundesamts für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) bei den Kantonen zur Belastung im Trinkwassernetz. Insgesamt ist die Datenlage mit grossen Unsicherheiten behaftet, sodass zahlreiche Annahmen getroffen werden mussten. Alle genannten Grundlagen dienten schliesslich als Input für **vier mögliche Umsetzungsvarianten**, die als «Was-wäre-

[1] Im Rahmen dieser Studie gehen wir davon aus, dass der Höchstwert für die häufigsten Chlorothalonil-Abbauprodukte von 0.1 µg/L auch in Zukunft gilt.

wenn-Szenarien» zu verstehen sind. Daraus können die nachfolgenden Fragen beantwortet werden, welche an die beiden politischen Vorstösse angelehnt sind.

Welche wirksamen Massnahmen für die Sanierung gibt es?

Um die Höchstwerte im Trinkwasser für Chlorothalonil und PFAS einhalten zu können, stehen den Wasserversorgungen und Kantonen verschiedene Massnahmen zur Verfügung. Um einen möglichst raschen und verhältnismässigen Schutz der Bevölkerung vor kontaminiertem Trinkwasser gewährleisten zu können, sind in erster Priorität:

- betroffene Fassungen ausser Betrieb zu nehmen,
- das belastete Trinkwasser mit unbelastetem Trinkwasser zu mischen
- und ein Fremdbezug aus anderen Versorgungen zu prüfen.

Es ist davon auszugehen, dass solche Massnahmen in den letzten Jahren, wo möglich, bereits weitgehend ergriffen wurden. Längerfristig steht im Sinne des Vorsorgeprinzips die Verbesserung des Ressourcenschutzes im Vordergrund. Als weitere Massnahmen sind die Erschliessung neuer, unbelasteter Fassungen, die regionale Vernetzung und die Grundwasseranreicherung zu prüfen. Diese Massnahmen sind aufgrund der Synergien mit dem vorsorglichen Gewässerschutz, der Versorgungssicherheit und der Klimaanpassung einer Trinkwasseraufbereitung vorzuziehen. Eine technische Aufbereitung des Trinkwassers sollte darum nur als letzte Möglichkeit in Betracht gezogen werden. Solche Aufbereitungsmassnahmen für das Trinkwasser entbinden den Kanton nicht von der Pflicht, Massnahmen auszulösen, damit die Anforderungen an das Grundwasser künftig eingehalten werden (Art. 47 Gewässerschutzverordnung [GSchV]). Gemäss Einschätzung des Rechtsdienstes des Bundesamts für Umwelt (BAFU) kann daher eine technische Trinkwasseraufbereitung nur vorübergehende Lösung sein, bis die Massnahmen zum Ressourcenschutz ihre Wirkung erzielen.

Welche technischen Möglichkeiten gibt es zur Aufbereitung des belasteten Grundwassers?

Als technische Aufbereitungsverfahren kommen insbesondere granulierte Aktivkohle, Pulveraktivkohle in Kombination mit Ultrafiltrationsmembranen, Nanofiltration und Umkehrosmose in Frage. Je nach Grösse der Wasserversorgung und je nachdem, ob das Wasser mit Chlorothalonil-, PFAS- oder anderen Rückständen belastet ist, empfiehlt sich ein anderes Verfahren. Alle diese Verfahren sind marktreif entwickelt und können von Ausrüstern geliefert werden.

Welches Risiko besteht, dass ein Teil der Bevölkerung über einen längeren Zeitraum einer Kontamination ausgesetzt bleibt?

Gemäss einer Umfrage des BLV bei den Kantonen haben in der Periode 2019-2021 ungefähr 11 % der Bevölkerung Trinkwasser konsumiert, welches die Höchstwerte für Chlorothalonil-Metaboliten überschritten hat. Aufgrund des Berichts der Plattform Grundwasserschutz ist davon auszugehen, dass dieser Anteil in den nächsten 5 bis 15 Jahren deutlich abnehmen wird. Gemäss diesem Bericht ist das Alter des Grundwassers der massgebende Faktor für die

Prognose der Konzentrationsabnahme bezüglich Chlorothalonil. Nur ein kleiner Teil der betroffenen Wasserversorger bezieht Grundwasser, welches älter als 15 Jahre ist. Dementsprechend sind nur bei wenigen Wasserversorgern Konzentrationsüberschreitungen über diesen Zeitraum hinaus zu erwarten. Für andere Pflanzenschutzmittel-Metaboliten und PFAS gelten diese Folgerungen aufgrund anderer chemisch-physikalischer Eigenschaften nicht.

Wie lange würde die Umsetzung von Aufbereitungsanlagen dauern, und welche Faktoren sind dafür ausschlaggebend?

Die Umsetzungsdauer wird im Einzelfall von der Problemanalyse bis zur Inbetriebnahme auf 5 bis 15 Jahre geschätzt. Sie hängt stark von den örtlichen Gegebenheiten, möglichen Einsprachen, anderen rechtlichen Hindernissen und der Finanzierung ab. Da für die Aufbereitung grösstenteils neue Gebäude in der Nähe der Fassungen - aber wenn möglich ausserhalb der Schutzzone - erstellt werden müssten, stellt die Landbeschaffung vermutlich eine zentrale Hürde dar. Die Wahl des Verfahrens hat hingegen keinen massgebenden Einfluss auf die Umsetzungsdauer. Für eine allfällige gesamtschweizerische Realisierung inkl. Schaffung einer gesetzlichen Grundlage für die Finanzierung von Aufbereitungsanlagen wird mit einem Umsetzungshorizont von 2035 bis 2040 gerechnet.

Welche Umsetzungsvarianten sind denkbar?

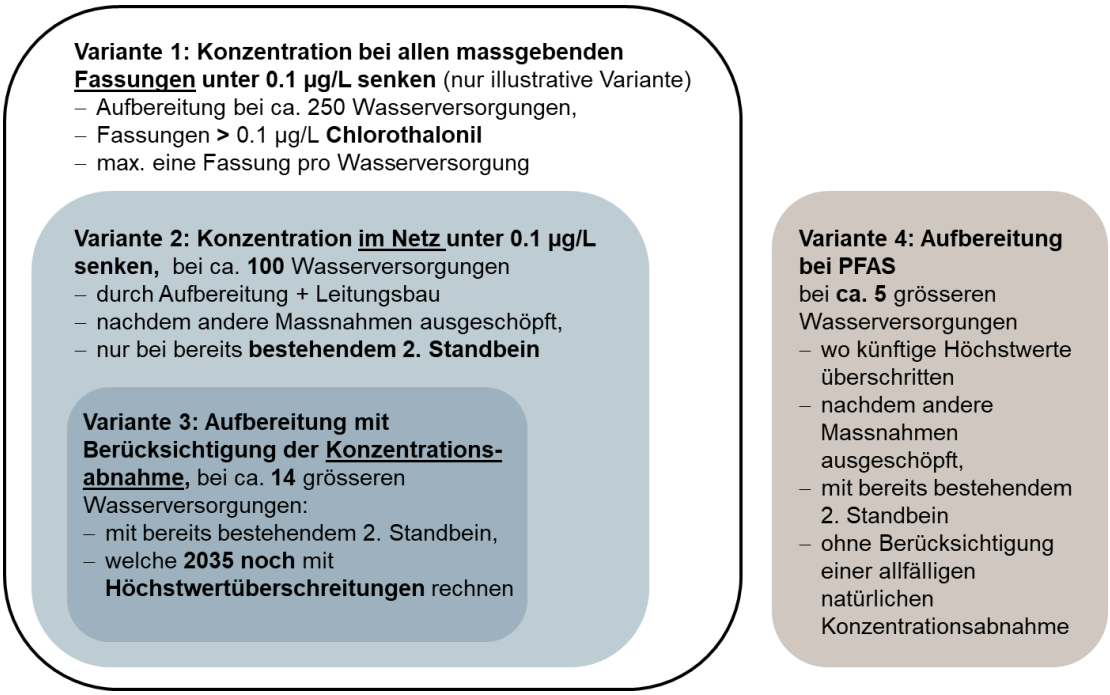
Im Rahmen dieser Studie werden vier Umsetzungsvarianten definiert, welche nachfolgend und in Abbildung K-1 aufgeführt sind. Für jede Variante wird abgeschätzt, wie viele Wasserversorgungen davon betroffen und mit welchen Kosten deren Umsetzung verbunden wären. Die Kosten wurden durch die Abschätzung der nötigen Aufbereitungsanlagen mit entsprechenden Verfahren, sowie zusätzlichem Leitungsbau berechnet. Wenn die angestrebte Konzentration im Netz nur durch Leitungsbau z. B. für die regionale Vernetzung erreicht werden kann, ist dies der Aufbereitung vorzuziehen.

In der **Variante 1** (nur illustrative Variante) werden bei allen von Höchstwertüberschreitungen betroffenen und aus Sicht der Versorgungssicherheit massgebenden Fassungen Aufbereitungsanlagen und die dazugehörigen Leitungen gebaut. Aus Sicht des Projektteams ist diese Variante nicht sinnvoll, da die anderen möglichen Massnahmen (siehe oben) nicht ausgeschöpft werden.

Ziel der **Varianten 2 und 3** ist es, die **Konzentrationen von Chlorothalonil-Metaboliten im Trinkwassernetz so schnell wie möglich unter 0.1 Mikrogramm pro Liter (µg/L)** zu senken. Aufbereitungsanlagen und zusätzliche Leitungen werden jedoch nur erstellt, wenn alle anderen Optionen ausgeschöpft sind und die entsprechenden Wasserversorgungen dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Der Unterschied zwischen den Varianten 2 und 3 besteht darin, dass in Variante 3 die Hinweise zur natürlichen Konzentrationsabnahme (siehe oben) in den Investitionsentscheidungen mitberücksichtigt werden. Somit werden in Variante 3 deutlich weniger Wasserversorgungen eine Aufbereitungsanlage errichten als in Variante 2.

Die **Variante 4** beinhaltet die Trinkwasseraufbereitung bei **PFAS-Belastungen**, wobei sich die Abschätzung auf die in der EU (und voraussichtlich zukünftig auch in der Schweiz) geltenden Höchstwertüberschreitungen bezieht. Da die PFAS-Höchstwerte im Gegensatz zu Chlorothalonil-Metaboliten häufig im Nicht-Landwirtschaftsgebiet auftreten, ist davon auszugehen, dass diese Aufbereitungsanlagen andere Wasserversorgungen betreffen. Variante 4 ist daher kumulativ zu den Varianten 1-3 zu betrachten.

Abbildung K-1: Die vier Umsetzungsvarianten in der Übersicht



Was kostet die Umsetzung dieser Varianten?

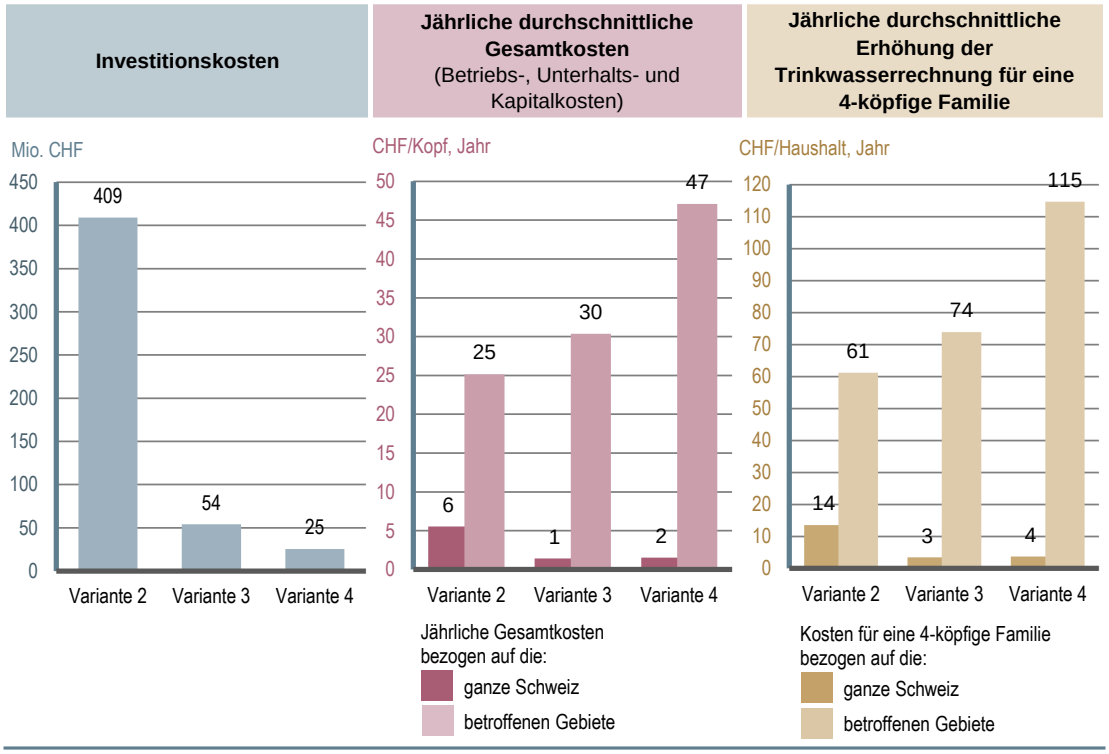
Abbildung K-2 zeigt die abgeschätzten Kosten für die Varianten 2 bis 4 auf. Die Variante 1 ist nicht dargestellt, da diese gemäss der Einschätzung des Projektteams nicht zielführend ist. Je nach Variante unterscheiden sich die Kosten stark, was hauptsächlich auf die unterschiedliche Anzahl der von Massnahmen betroffenen Wasserversorgungen zurückzuführen ist. Während die Investitionskosten bei Variante 2 gesamtschweizerisch auf ca. 409 Mio. CHF geschätzt werden, sind es bei Variante 3 ca. 54 Mio. CHF und bei Variante 4 ca. 25 Mio. CHF.

Die zweite Spalte (Abbildung K-2) zeigt die durchschnittlichen Gesamtkosten (Betriebs-, Unterhalts- und Kapitalkosten) pro Kopf und Jahr. Bei den Pro Kopf-Kosten ist zu unterscheiden, ob die Kosten in Bezug zur gesamten Schweizer Bevölkerung («ganze Schweiz») oder nur auf die in den betroffenen Gebieten wohnenden Bevölkerung gesetzt werden («betroffene Gebiete»). In den betroffenen Gebieten betragen die durchschnittlichen Gesamtkosten für die drei Varianten zwischen 25 und 47 CHF/Kopf und Jahr. Die hohen durchschnittlichen Pro-Kopf-Kosten von 47 CHF/Kopf und Jahr in der Variante 4 sind auf die hohen Aufbereitungskosten des zur Eliminierung von PFAS eingesetzten Verfahrens (Umkehrosmose bei grösseren

Anlagen) zurückzuführen. Die schweizweiten Pro-Kopf-Kosten betragen für die drei Varianten zwischen 1 und 6 CHF/Kopf und Jahr. Für kleinere Wasserversorgung dürften die Kosten über diesen Durchschnittskosten, für grössere Wasserversorger unter diesen Durchschnittskosten liegen.

Würden die Kosten durch eine entsprechende Erhöhung der Trinkwassertarife überwälzt, so ergeben sich in den betroffenen Gebieten für einen 4-köpfigen Haushalt zusätzliche Belastungen von sehr grob geschätzt 61 (Variante 2) bis 115 CHF/Haushalt und Jahr (Variante 4).

Abbildung K-2: Übersicht der Kostenschätzung nach Variante



Quelle: Eigene Berechnungen.

Hinweis: Die Trinkwasserrechnung für eine 4-köpfige Familie ist nicht vier Mal so hoch wie die Pro-Kopf-Kosten, da auch die Unternehmen von einer höheren Trinkwasserrechnung betroffen sind und ihren Anteil an die Kosten der Aufbereitung bezahlen.

Welche Variante wird vom Projektteam zur Umsetzung empfohlen und wie soll diese finanziert werden?

Aufgrund der geschätzten Umsetzungsdauer von 5-15 Jahren, empfiehlt das Projektteam, eine Aufbereitung nur dann ernsthaft in Betracht zu ziehen, wenn über diesen Zeitraum hinaus eine Überschreitung der gesetzlichen Höchstwerte zu erwarten ist und alle anderen Massnahmen ausgeschöpft sind. Schweizweit wird dies nur in Einzelfällen zutreffen, wie Variante 3 zeigt:

- Hochrechnung Variante 3 für **Chlorothalonil: ca. 14 Wasserversorger** mit **Investitionskosten** von total **ca. 50 Mio. CHF**

Zusätzlich sollten auch die Wasserversorgungen, welche von Höchstwertüberschreitungen bei PFAS betroffen sind, entsprechende Massnahmen ergreifen:

- Hochrechnung Variante 4 **für PFAS: ca. 5 Wasserversoger** mit Investitionskosten von total **ca. 25 Mio. CHF**

Da eine Trinkwasseraufbereitung somit voraussichtlich nur in Einzelfällen sinnvoll ist, empfiehlt das Projektteam sowohl für Chlorothalonil als auch bei PFAS auf ein zweckgebundenes Finanzierungssystem wie in anderen Altlastenfällen (z. B. VASA-Fonds[2]) zu verzichten.

Bei grösseren Wasserversorgungen können zusätzliche Leitungen zur besseren Vernetzung oder Aufbereitungsanlagen grundsätzlich durch eine Erhöhung der Wassergebühren finanziert werden. Bei kleineren Wasserversorgungen kann dies mit unverhältnismässig hohen Kosten verbunden sein. Damit der Schutz der Bevölkerung vor belastetem Trinkwasser auch in solchen Fällen gewährleistet ist und nicht an finanziellen Hürden scheitert oder aus finanziellen Gründen verzögert wird, kann in Ausnahmefällen eine Subventionierung sinnvoll sein. Zurzeit fehlt allerdings auf Bundesebene eine Rechtsgrundlage zur finanziellen Unterstützung von Aufbereitungsanlagen. Dies wäre zudem ein Systemwechsel, da heute die Wasserversorgungen verantwortlich sind, um die Vorgaben des Lebensmittelrechts zu erfüllen. Um Fehlanreize mit anderen wichtigen Zielen des Bundes und der Kantone zu vermeiden, sollte eine allfällige Förderung von Aufbereitungsanlagen an einen Nachweis geknüpft sein, dass die Möglichkeiten der anderen Massnahmen ausgeschöpft sind.

Das Projektteam empfiehlt weiter, den Finanzbedarf durch eine Aufhebung des reduzierten Mehrwertsteuer-Satzes auf PSM auszugleichen, was aber auch ein Gesetzesänderung bräuchte. Durch eine Anhebung der Mehrwertsteuer auf den ordentlichen Satz ist mit Mehreinnahmen von ca. 7 Mio. CHF/Jahr zu rechnen was zur Deckung der Investitionskosten der beiden Varianten 3 und 4 ausreichen würde.

Zudem könnte die Prüfung einer PFAS-Abgabe in Betracht gezogen werden, wenn sich das Problem trotz vorsorglicher Massnahmen in Zukunft verschärfen sollte. Denn im Gegensatz zu Chlorothalonil gibt es keine Anzeichen dafür, dass die PFAS-Belastung in absehbarer Zeit zurückgehen wird. Auch die Finanzierung vorsorglicher Massnahmen im Zusammenhang mit PFAS wäre zu prüfen.

[2] Fonds zur Finanzierung der Untersuchung, Überwachung und Sanierung von Standorten, welche mit Altlasten belastet sind, gemäss Verordnung über die Abgabe zur Sanierung von Altlasten (VASA).

Résumé

Situation initiale

Les eaux souterraines du plateau suisse sont largement contaminées par les produits de dégradation (métabolites) du chlorothalonil, une substance active utilisée dans les produits phytosanitaires (PPh), et parfois aussi par des substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS). L'utilisation de PPh contenant du chlorothalonil est interdite depuis le 1er janvier 2020, bien que des décisions du Tribunal administratif fédéral soient encore en suspens à ce sujet.[3]

Parallèlement, divers efforts sont fournis pour renforcer la protection préventive des eaux souterraines, notamment par la délimitation de zones d'afflux. Ils arrivent cependant trop tard pour résoudre le problème du chlorothalonil et des PFAS dans les eaux souterraines - le chlorothalonil et les PFAS se trouvent déjà dans les eaux souterraines, représentant une "charge héritée du passé". Les questions directrices suivantes se posent donc pour le présent rapport :

- *Comment la valeur maximale pour les **produits de dégradation du chlorothalonil dans l'eau potable** peut-elle être respectée **le plus rapidement possible** en tenant compte des **principes de faisabilité, de proportionnalité et de précaution**, et comment **financer** de telles mesures ?*
- *Existe-t-il des synergies avec les efforts fournis pour le respect de la nouvelle valeur maximale pour les **PFAS** dans l'eau potable, qui devrait entrer en vigueur en 2026 ?*

Le rapport se concentre sur les bases permettant de répondre au postulat 20.4087 Clivaz « Comment répondre à la contamination de nos eaux potables liée au chlorothalonil et comment financer les assainissements nécessaires ? ». Il s'agit également de fournir des informations en vue de l'examen de la motion 20.3052 Fluri « Abaissement des valeurs limites applicables aux pesticides. Financement des installations supplémentaires de traitement des eaux conforme au principe du pollueur-payeur ».

Démarche, traitement

Dans le cadre du présent rapport, différentes bases concernant les mesures possibles, les procédés de traitement, les coûts et la description quantitative des approvisionnements en eau concernés ont été rassemblées. En outre, la plateforme de protection des eaux souterraines a réuni dans un rapport séparé des bases hydrogéologiques qui donnent des indications quant à la diminution naturelle des concentrations. Les principales données utilisées sont les mesures de l'observation nationale des eaux souterraines (NAQUA) et les statistiques sur l'eau de l'association pour l'eau, le gaz et la chaleur (SVGW). Une autre base importante est une enquête de l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV) auprès des cantons sur la pollution du réseau d'eau potable. Dans l'ensemble, les données disponibles sont très incertaines, impliquant la formulation de nombreuses hypothèses. Toutes les

[3] Dans le cadre de cette étude, nous partons du principe que la valeur maximale de 0,1 µg/L pour les produits de dégradation du chlorothalonil les plus fréquents restera valable à l'avenir.

données mentionnées ont finalement servi d'input pour **quatre variantes de mise en œuvre possibles**, qui doivent être comprises comme des « scénarios de simulation ». Ces scénarios permettent de répondre aux questions suivantes, qui s'inspirent des deux interventions politiques.

Quelles sont les mesures d'assainissement efficaces ?

Afin de pouvoir respecter les valeurs maximales dans l'eau potable pour le chlorothalonil et les PFAS, les distributeurs d'eau et les cantons disposent de différentes mesures. Afin de pouvoir garantir une protection de la population aussi rapide et proportionnée que possible contre l'eau potable contaminée, il faut en priorité :

- mettre hors service les captages concernés,
- mélanger l'eau potable contaminée à de l'eau potable non contaminée
- et envisager un approvisionnement externe à partir d'autres sources d'alimentation.

On peut partir du principe que de telles mesures ont déjà été largement implémentées ces dernières années, là où cela était possible. A long terme et conformément au principe de précaution, l'amélioration de la protection des ressources est prioritaire. D'autres mesures à examiner sont la mise en place de nouveaux captages non pollués, la mise en réseau régionale et la recharge de la nappe phréatique. Ces mesures sont préférables à un traitement de l'eau potable en raison des synergies avec la protection préventive des eaux, la sécurité de l'approvisionnement et l'adaptation au climat. Un traitement technique de l'eau potable ne devrait donc être envisagé qu'en dernier recours. De telles mesures de traitement de l'eau potable ne libèrent pas le canton de l'obligation de prendre des mesures pour que les exigences relatives aux eaux souterraines soient respectées à l'avenir (art. 47 de l'ordonnance sur la protection des eaux [OEaux]). Selon les estimations du service juridique de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), un traitement technique de l'eau potable ne peut donc être qu'une solution temporaire, jusqu'à ce que les mesures de protection des ressources produisent leurs effets.

Quelles sont les possibilités techniques pour le traitement des eaux souterraines polluées ?

Les procédés techniques de traitement envisageables sont le charbon actif en granulés, le charbon actif en poudre combiné à des membranes d'ultrafiltration, la nanofiltration et l'osmose inverse. Selon la taille de l'approvisionnement en eau et selon la présence de résidus de chlorothalonil, de PFAS ou autres, un autre procédé est recommandé. Tous ces procédés sont prêts à être commercialisés et peuvent être fournis par les fournisseurs d'équipements.

Quel est le risque qu'une partie de la population reste exposée à une contamination pendant une période prolongée ?

Selon une enquête de l'OFAG auprès des cantons, environ 11 % de la population a consommé de l'eau potable dépassant les valeurs maximales pour les métabolites de chlorothalonil durant la période 2019-2021. Sur la base du rapport de la Plateforme pour la protection des eaux

souterraines, on peut s'attendre à ce que cette proportion diminue sensiblement au cours des 5 à 15 prochaines années. Selon ce rapport, l'âge de l'eau souterraine est le facteur déterminant pour le pronostic de la diminution de la concentration concernant le chlorothalonil. Seule une petite partie des distributeurs d'eau concernés prélève des eaux souterraines de plus de 15 ans. Par conséquent, seuls quelques distributeurs d'eau peuvent s'attendre à des dépassements de concentration au-delà de cette période. Ces conclusions ne s'appliquent pas aux autres métabolites de produits phytosanitaires et aux PFAS en raison de leurs propriétés physico-chimiques différentes.

Combien de temps prendrait la mise en place d'installations de traitement et quels sont les facteurs déterminants ?

La durée estimée de mise en œuvre – de l'analyse du problème à la mise en service – est de 5 à 15 ans. Elle dépend fortement des conditions locales, des éventuelles oppositions, d'autres obstacles juridiques et du financement. Etant donné que l'assainissement nécessiterait en grande partie la construction de nouveaux bâtiments à proximité des captages, mais si possible en dehors de la zone de protection, l'acquisition de terrains constitue probablement un obstacle majeur. Le choix de la procédure n'a en revanche pas d'influence déterminante sur la durée de mise en œuvre. Pour une éventuelle réalisation à l'échelle nationale, y compris la création d'une base légale pour le financement des installations de traitement, l'horizon estimé pour la mise en œuvre se situe entre 2035 et 2040.

Quelles sont les variantes de mise en œuvre envisageables ?

Dans le cadre de cette étude, quatre variantes de mise en œuvre sont définies. Celles-ci sont présentées ci-dessous et dans la figure K-1. Pour chaque variante, le nombre de distributeurs en eau concernés et les coûts de mise en œuvre sont estimés. Les coûts ont été calculés en estimant les installations de traitement nécessaires avec les procédés correspondants, ainsi que la construction de conduites supplémentaires. Si la concentration visée dans le réseau ne peut être atteinte que par la construction de conduites, par exemple pour la mise en réseau régionale, cette solution est préférable au traitement.

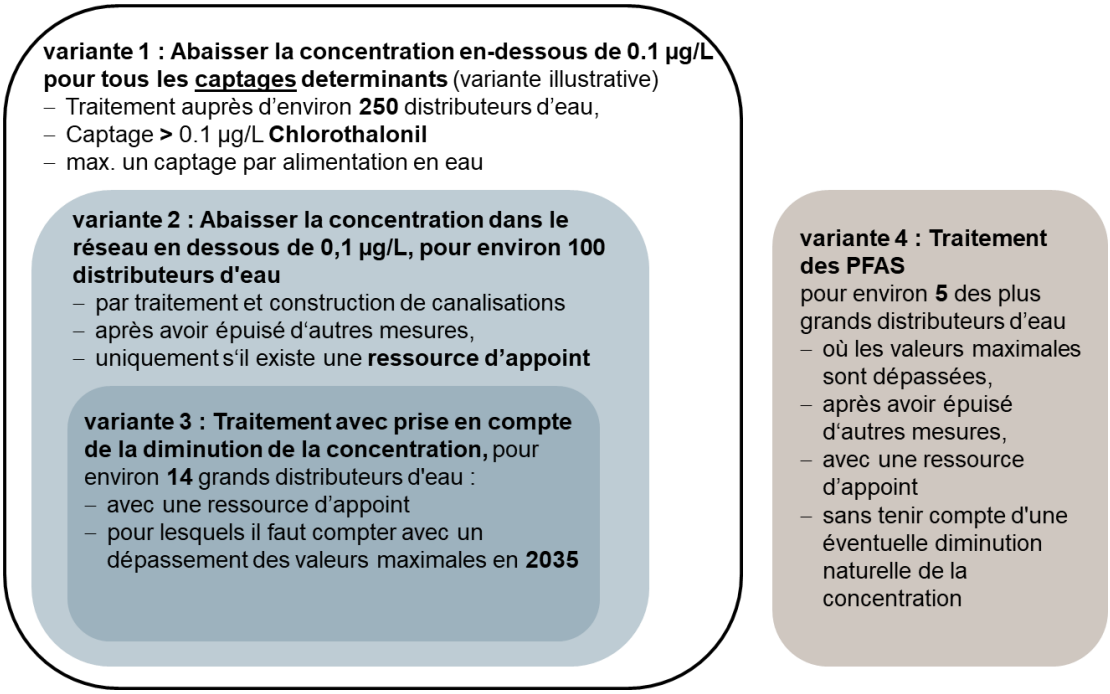
Dans la **variante 1** (variante illustrative uniquement), des installations de traitement et les conduites correspondantes sont construites pour tous les captages concernés par des dépassements des valeurs maximales et déterminants du point de vue de la sécurité d'approvisionnement. Du point de vue de l'équipe de projet, cette variante n'est pas judicieuse, car elle n'a pas recours aux autres mesures possibles (voir ci-dessus).

L'objectif des **variantes 2 et 3** est de **réduire le plus rapidement possible les concentrations de métabolites de chlorothalonil dans le réseau d'eau potable en dessous de 0,1 microgramme par litre (µg/L)**. Des installations de traitement et des conduites supplémentaires ne seront toutefois construites que si toutes les autres options ont été épuisées et si les systèmes d'approvisionnement en eau correspondent aux standards technologiques actuels. La différence entre les variantes 2 et 3 réside dans le fait que dans la variante 3, les indications relatives à la diminution naturelle des concentrations (voir ci-dessus) sont prises en compte

dans les décisions d'investissement. Ainsi, dans la variante 3, nettement moins d'approvisionnements en eau construiront une installation de traitement que dans la variante 2.

La **variante 4** comprend le traitement de l'eau potable en cas de **pollution par les PFAS**, l'estimation se référant aux dépassements des valeurs maximales en vigueur dans l'UE (et probablement aussi en Suisse à l'avenir). Etant donné que les valeurs maximales de PFAS, contrairement aux métabolites de chlorothalonil, apparaissent souvent dans les zones non agricoles, on peut supposer que ces installations de traitement concernent d'autres distributeurs. La variante 4 doit donc être considérée en plus des variantes 1 à 3.

Figure K-1 : Aperçu des quatre variantes de mise en œuvre



Quel est le coût de la mise en œuvre de ces variantes ?

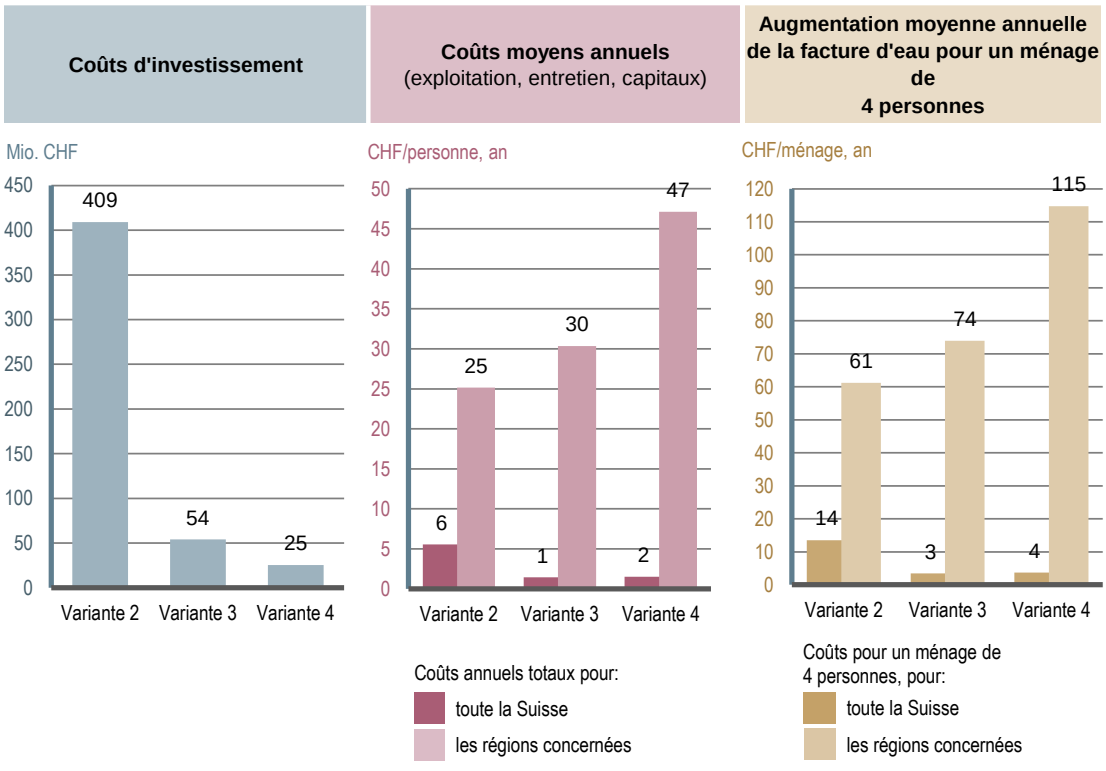
La figure K-2 présente les coûts estimés pour les variantes 2 à 4. La variante 1 n'est pas représentée, car l'équipe de projet estime qu'elle n'est pas pertinente. Les coûts varient fortement d'une variante à l'autre, ce qui s'explique principalement par le nombre différent de distributeurs d'eau concernés par les mesures. Alors que les coûts d'investissement de la variante 2 sont estimés à environ 409 millions de CHF pour l'ensemble de la Suisse, ceux de la variante 3 s'élèvent à environ 54 millions de CHF et ceux de la variante 4 à environ 25 millions de CHF.

La deuxième colonne (figure K-2) présente les coûts totaux moyens (coûts d'exploitation, d'entretien et de capital) par habitant et par an. Pour les coûts par habitant, il convient de distinguer si les coûts sont calculés par rapport à l'ensemble de la population suisse (« toute la Suisse ») ou uniquement par rapport à la population vivant dans les régions concernées (« régions

concernées »). Dans les zones concernées, les coûts totaux moyens pour les trois variantes se situent entre 25 et 47 CHF/habitant et par an. Le coût moyen par habitant élevé de 47 CHF/habitant et par an dans la variante 4 est dû aux coûts de traitement élevés du procédé utilisé pour éliminer les PFAS (osmose inverse pour les grandes installations). Les coûts par habitant pour l'ensemble de la Suisse se situent entre 1 et 6 CHF/habitant et par an pour les trois variantes. Pour les petits distributeurs d'eau, les coûts devraient être supérieurs à ces coûts moyens, tandis que pour les grands distributeurs d'eau, ils devraient être inférieurs à ces coûts moyens.

Si les coûts étaient répercutés par une augmentation correspondante des tarifs de l'eau potable, il en résulterait (dans les régions concernées et pour un ménage de 4 personnes) des charges supplémentaires estimées très grossièrement à entre 61 (variante 2) et 115 CHF/ménage et par an (variante 4).

Figure K-2 : Aperçu de l'estimation des coûts par variante



Source : Calculs entrepris par l'équipe de projet.

Note : La facture d'eau potable d'une famille de 4 personnes n'est pas quatre fois plus élevée que le coût par habitant, car les entreprises sont également concernées par une facture d'eau potable plus élevée et paient leur part des coûts de traitement.

Quelle est la variante recommandée par l'équipe de projet pour la mise en œuvre et comment doit-elle être financée ?

En raison de la durée de mise en œuvre estimée d'environ 5 à 15 ans, l'équipe de projet recommande de n'envisager sérieusement un traitement que s'il faut s'attendre à un

dépassement des valeurs maximales légales pendant cette période et si toutes les autres mesures ont été épuisées. A l'échelle nationale, cela ne sera le cas que dans des cas isolés, comme le montre la variante 3 :

- Extrapolation de la variante 3 pour le **chlorothalonil : environ 14 distributeurs d'eau** avec des **coûts d'investissement d'environ 50 millions de CHF** au total.

En outre, les distributeurs d'eau concernés par des dépassements des valeurs maximales pour les PFAS devraient également prendre des mesures appropriées :

- Extrapolation de la variante 4 pour le **PFAS** : **environ 5 distributeurs d'eau** avec des **coûts d'investissement totaux d'env. 25 millions de CHF**

Étant donné que le traitement de l'eau potable ne sera probablement utile que dans des cas isolés, l'équipe de projet recommande de renoncer, tant pour le chlorothalonil que pour les PFAS, à un système de financement à affectation obligatoire comme dans d'autres cas de sites contaminés (par ex. fonds OTAS[4]).

Pour les grands services de distribution d'eau, des conduites supplémentaires pour un meilleur réseau ou des installations de traitement peuvent en principe être financées par une augmentation des taxes sur l'eau. Pour les petits distributeurs d'eau, cela peut entraîner des coûts disproportionnés. Afin que la protection de la population contre l'eau potable polluée soit également garantie dans de tels cas et ne se heurte pas à des obstacles financiers ou ne soit pas retardée pour des raisons financières, un subventionnement peut être judicieux dans des cas exceptionnels. Actuellement, il manque toutefois une base juridique au niveau fédéral pour soutenir financièrement les installations de traitement. Cela constituerait en outre un changement de système, puisque ce sont aujourd'hui les distributeurs d'eau qui sont responsables du respect des prescriptions de la législation sur les denrées alimentaires. Afin d'éviter des incitations erronées avec d'autres objectifs importants de la Confédération et des cantons, un éventuel soutien aux installations de traitement devrait être lié à la preuve que les possibilités des autres mesures ont été épuisées.

L'équipe de projet recommande en outre de compenser les besoins financiers par une suppression du taux réduit de TVA sur les PPh, ce qui nécessiterait toutefois une modification de la loi. L'augmentation de la TVA au taux ordinaire devrait générer des recettes supplémentaires d'environ 7 millions de CHF/an, ce qui suffirait à couvrir les coûts d'investissement des deux variantes 3 et 4.

De plus, l'examen d'une taxe sur les PFAS pourrait être envisagé si le problème devait s'aggraver à l'avenir malgré les mesures préventives. En effet, contrairement au chlorothalonil, rien n'indique que la pollution par les PFAS diminuera dans un avenir proche. En plus du traitement de l'eau potable, il faudrait en outre examiner le financement de mesures préventives en rapport avec les PFAS.

[4] Fonds destiné à financer l'étude, la surveillance et l'assainissement des sites contaminés, conformément à l'ordonnance relative à la taxe pour l'assainissement des sites contaminés (OTAS).

Sintesi

Situazione iniziale

Le acque sotterranee nell'Altopiano svizzero sono diffusamente inquinate con prodotti di degradazione (metaboliti) del clorotalonil, un principio attivo impiegato in prodotti fitosanitari, e in parte anche con sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS). L'uso di prodotti fitosanitari con clorotalonil è vietato dal 1° gennaio 2020 in Svizzera, ma in questo contesto sono attualmente ancora pendenti alcune decisioni del Tribunale amministrativo federale[5]. Nel contempo si sta già lavorando per rafforzare la protezione preventiva delle acque sotterranee, tra l'altro tramite la delimitazione dei settori di alimentazione delle captazioni di acque sotterranee. Tuttavia questi interventi arrivano troppo tardi per risolvere il problema del clorotalonil e delle PFAS nelle acque sotterranee, in quanto queste sostanze contaminanti vi sono presenti già da tempo. Il presente rapporto si pone pertanto le seguenti domande chiave:

- *Con quali misure è possibile rispettare il valore massimo consentito per i **metaboliti del clorotalonil nell'acqua potabile** tenendo conto dei **principi di fattibilità, proporzionalità e precauzione** e come sono **finanziabili** tali misure?*
- *Esistono sinergie per rispettare il nuovo valore massimo consentito per le **PFAS** che probabilmente entrerà in vigore a partire dal 2026?*

Il rapporto è incentrato su quanto addotto nella risposta al postulato 20.4087 Clivaz *«Inquinamento dell'acqua potabile con clorotalonil. Come risolvere il problema e come finanziare i lavori di risanamento necessari?* Inoltre dovranno essere messe a disposizione anche informazioni per la consultazione in Parlamento della mozione 20.3052 Fluri *«Finanziare secondo il principio di causalità gli impianti di trattamento dell'acqua potabile supplementari resi necessari dall'abbassamento dei valori massimi consentiti per prodotti fitosanitari»*.

Procedura ed elaborazione

Nell'ambito del presente rapporto sono state raccolte varie basi concernenti possibili misure, processi di trattamento, costi e una matrice quantitativa per le captazioni per approvvigionamento idrico interessate. Inoltre la Piattaforma per la protezione delle acque sotterranee ha raccolto in un altro rapporto i principi idrogeologici che forniscono indicazioni sulla naturale diminuzione delle concentrazioni. Come dati più importanti si sono utilizzati i rilievi dell'Osservazione nazionale delle acque sotterranee (NAQUA) e i rilevamenti statistici delle aziende dell'acqua potabile effettuati dall'Associazione per l'acqua, il gas e il calore (SVGW). Un'ulteriore base importante è costituita dall'indagine condotta dall'Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria (USAV) presso i Cantoni in merito all'inquinamento della rete di acqua potabile. Essendo nel complesso la situazione dei dati soggetta a grandi incertezze, è stato necessario fare numerose ipotesi. Tutte le basi menzionate sono infine servite da input per elaborare **quattro possibili varianti di attuazione**, da intendere come scenari «cosa

[5] Nell'ambito del presente studio presumiamo che il valore massimo di 0,1 µg/L consentito per i più diffusi metaboliti del clorotalonil vigerà anche in futuro.

succederebbe se». In base a tali scenari si può rispondere alle seguenti domande inerenti alle due iniziative politiche precedentemente menzionate.

Quali misure efficaci esistono per i lavori di risanamento?

Per potere rispettare i valori massimi consentiti per il clorotalonil e le PFAS nell'acqua potabile, le società di approvvigionamento idrico e i Cantoni dispongono di diverse misure. Per garantire una protezione adeguata e più tempestiva possibile della popolazione dall'acqua potabile contaminata, si deve prima di tutto:

- mettere fuori servizio le captazioni interessate,
- miscelare l'acqua potabile contaminata con acqua potabile non contaminata
- e verificare la possibilità di prelevare acqua da altre reti di approvvigionamento idrico.

Si può presupporre che tali misure siano state già ampiamente adottate, per quanto possibile, negli ultimi anni. Nel lungo periodo, l'attenzione è rivolta al miglioramento della protezione delle risorse secondo il principio della precauzione. Come ulteriori misure sono da vagliare la realizzazione di nuove captazioni non contaminate, la costituzione di una rete regionale e il ravvenamento della falda freatica. Queste misure sono preferibili alla potabilizzazione dell'acqua grazie alle sinergie con la protezione preventiva delle acque, la sicurezza dell'approvvigionamento e l'adattamento al clima. Un trattamento tecnico di potabilizzazione dell'acqua dovrebbe pertanto essere preso in considerazione esclusivamente come ultima ratio. Dette misure di potabilizzazione dell'acqua non esonerano il Cantone dall'obbligo di provvedere affinché le esigenze poste alle acque sotterranee siano rispettate in futuro (art. 47 ordinanza sulla protezione delle acque [OPAc]). Secondo il parere del servizio giuridico dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), un trattamento di potabilizzazione dell'acqua non può pertanto essere che una soluzione temporanea finché non esplicano il loro effetto le misure adottate per proteggere le risorse idriche.

Quali possibilità tecniche esistono per il trattamento delle acque sotterranee contaminate?

I principali processi tecnici di trattamento sono in particolare il carbone attivo granulare, il carbone attivo in polvere combinato con membrane per ultrafiltrazione, la nanofiltrazione e l'osmosi inversa. In funzione delle dimensioni della rete di approvvigionamento idrico e a seconda del fatto che l'acqua sia contaminata o meno da residui di clorotalonil, PFAS o altre sostanze, è consigliabile adottare un altro processo. Tutti questi processi sono ormai maturi per il mercato e possono essere forniti da società specializzate.

Qual è il rischio che parte della popolazione rimanga esposta a una contaminazione per un periodo prolungato?

Secondo un'indagine dell'USAV presso i Cantoni, nel periodo 2019-2021 circa l'11 per cento della popolazione ha consumato acqua potabile che superava i valori massimi consentiti per i metaboliti del clorotalonil. Stando al rapporto della Piattaforma per la protezione delle acque

sotterranee, è ipotizzabile che nei prossimi 5-15 anni questa percentuale diminuirà nettamente. Secondo questo rapporto, l'età delle acque sotterranee è il fattore determinante per prevedere la diminuzione della concentrazione di clorotalonil. Soltanto una piccola parte delle società di approvvigionamento idrico interessate preleva acque sotterranee con più di 15 anni. Di conseguenza, si prevedono superamenti delle soglie di concentrazione oltre tale periodo solo presso poche società di approvvigionamento idrico. Queste conclusioni non si applicano ad altri metaboliti di prodotti fitosanitari e PFAS a causa delle diverse proprietà chimico-fisiche.

Quanto tempo richiederebbe l'attuazione di impianti di trattamento e quali fattori sono determinanti a tale scopo?

Si stima che l'attuazione nel caso specifico, dall'analisi del problema fino alla messa in servizio, richieda da 5 a 15 anni. Essa dipende molto dalle condizioni locali, da eventuali opposizioni, da altri ostacoli giuridici e dal finanziamento. Poiché per il trattamento si dovrebbero costruire per lo più nuovi edifici in prossimità delle captazioni, ma per quanto possibile al di fuori della zona di protezione, l'acquisto di terreni costituisce presumibilmente il principale ostacolo. La scelta del processo di trattamento non influisce invece in misura importante sulla durata di attuazione. Per un'eventuale realizzazione in tutta la Svizzera, compresa la creazione di una base legale per il finanziamento di impianti di trattamento, si prevede un orizzonte di attuazione compreso tra il 2035 e il 2040.

Quali varianti di attuazione sono ipotizzabili?

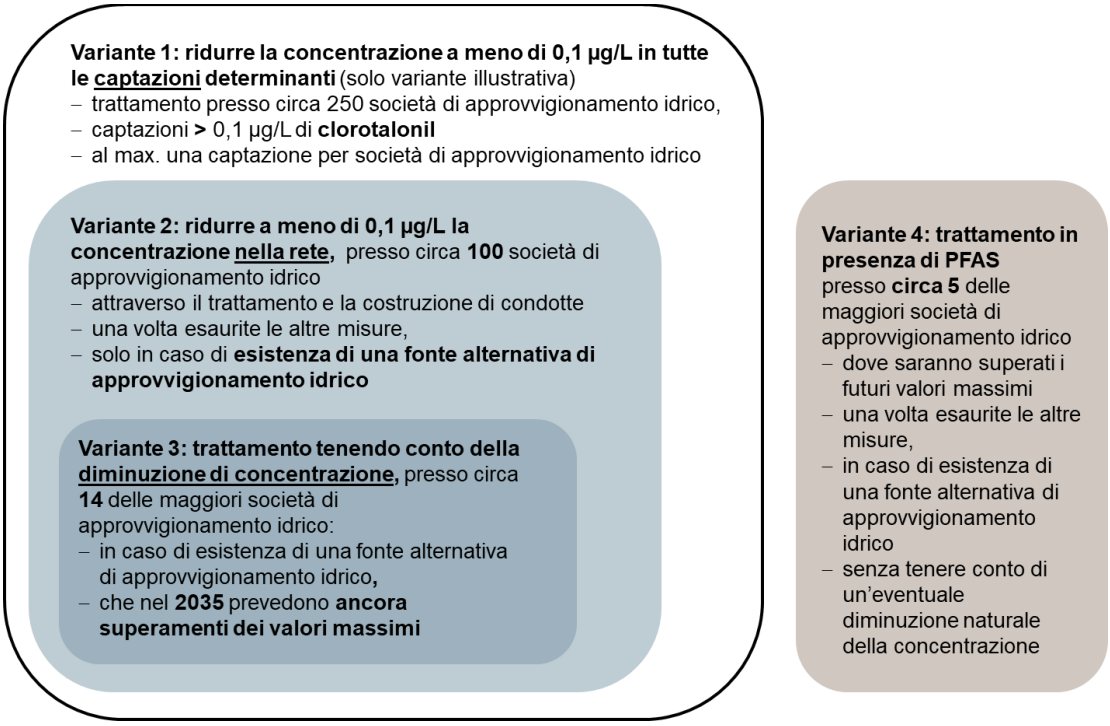
Nell'ambito di questo studio sono definite quattro varianti di attuazione, di seguito illustrate nella figura K-1. Per ogni variante si stimano il numero di approvvigionamenti idrici interessati e i costi legati alla loro realizzazione. I costi sono stati calcolati stimando gli impianti di trattamento necessari con i rispettivi processi, nonché la costruzione di condotte aggiuntive. Se è possibile raggiungere la concentrazione auspicata nella rete soltanto tramite la costruzione di condotte, per esempio per la rete regionale, questa è preferibile al trattamento.

Nella **variante 1** (solo variante illustrativa) vengono costruiti impianti di trattamento e le relative condotte per tutte le captazioni interessate dal superamento dei valori massimi consentiti e determinanti dal punto di vista della sicurezza dell'approvvigionamento. Il team di progetto non ritiene ragionevole questa variante in quanto le altre possibili misure (v. in alto) non vengono sfruttate del tutto.

L'obiettivo delle **varianti 2 e 3** è quello di ridurre **il più tempestivamente possibile a meno di 0,1 microgrammi al litro (µg/L) le concentrazioni di metaboliti del clorotalonil nella rete dell'acqua potabile.** Impianti di trattamento e condotte supplementari saranno tuttavia realizzati solo una volta esaurite tutte le altre opzioni e se i relativi approvvigionamenti d'acqua corrispondono all'attuale stato dell'arte della tecnica. La differenza tra le varianti 2 e 3 consiste nel fatto che nella variante 3 le indicazioni sulla naturale diminuzione delle concentrazioni (v. in alto) sono considerate nelle decisioni in materia di investimenti. Ciò significa che nella variante 3 un numero significativamente inferiore di società di approvvigionamento idrico installerà un impianto di trattamento rispetto alla variante 2.

La **variante 4** comprende il trattamento di potabilizzazione dell'acqua in caso di **contaminazioni da PFAS**, tenendo presente che la stima si riferisce ai superamenti dei valori massimi vigenti nell'Unione europea (e probabilmente vigenti in futuro anche in Svizzera). Poiché i valori massimi consentiti per le PFAS, contrariamente ai metaboliti del clorotalonil, si presentano spesso in zone non agricole, si presuppone che questi impianti di trattamento interessino altre società di approvvigionamento idrico. La variante 4 va pertanto considerata cumulativamente alle varianti 1-3.

Figura K-1: Panoramica delle quattro varianti di attuazione



Quanto costa l'attuazione di queste varianti?

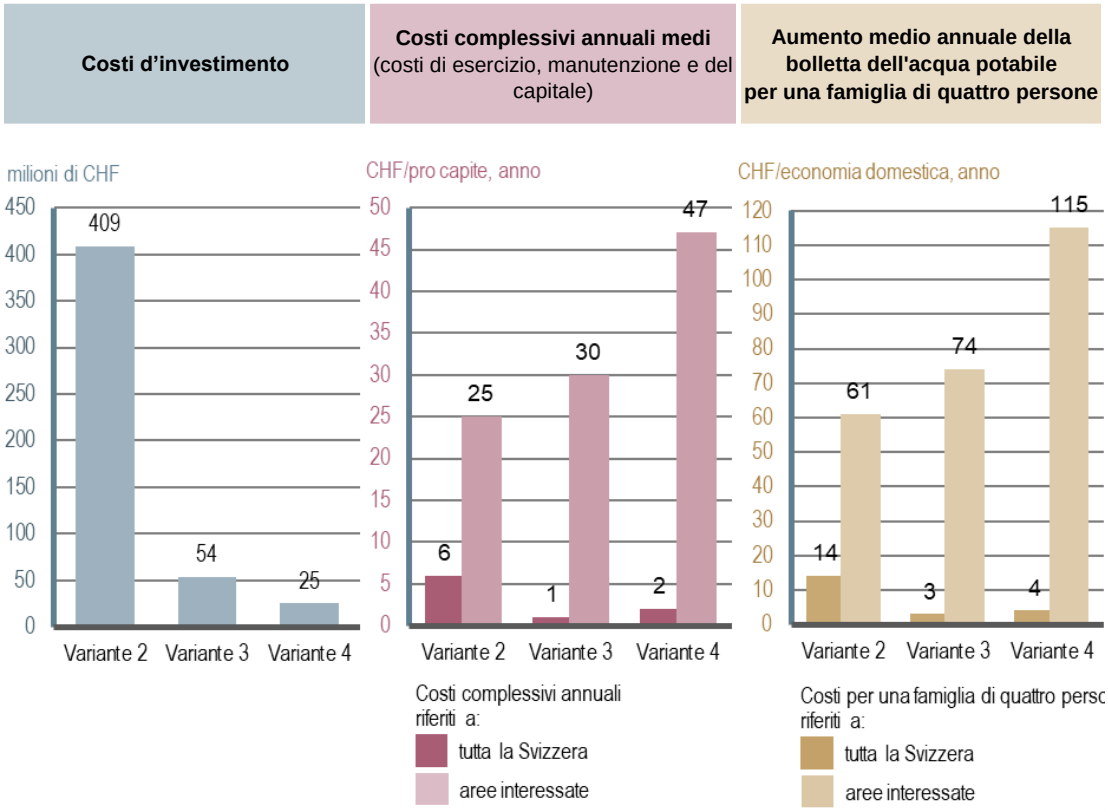
La figura K-2 mostra i costi stimati per le varianti da 2 a 4. La variante 1 non è raffigurata perché non ritenuta opportuna dal team di progetto. I costi variano molto tra loro a seconda della variante soprattutto a causa del diverso numero di società di approvvigionamento idrico interessate dalle misure. Mentre i costi di investimento relativi alla variante 2 sono stimati in circa 409 milioni di franchi per tutta la Svizzera, sono quantificabili in 54 milioni di franchi circa e 25 milioni di franchi circa rispettivamente per le varianti 3 e 4.

La seconda colonna nella figura K-2 mostra i costi totali medi (costi di esercizio, manutenzione e del capitale) pro capite e anno. Per i costi pro capite è necessario distinguere tra i costi riferiti all'intera popolazione svizzera («tutta la Svizzera») o quelli riferiti alla sola popolazione residente nelle aree interessate («aree interessate»). Nelle aree interessate i costi totali medi relativi alle varianti sono compresi tra 25 e 47 franchi pro capite e anno. Gli alti costi medi di 47 franchi pro capite e anno nella variante 4 sono riconducibili agli elevati costi di trattamento del

processo necessario per eliminare le PFAS (osmosi inversa negli impianti più grandi). In tutta la Svizzera i costi totali medi relativi alle tre varianti sono compresi tra 1 e 6 franchi pro capite e anno. Per le società di approvvigionamento idrico minori i costi potrebbero superare questi costi medi, mentre per quelle maggiori potrebbero risultare inferiori.

Se i costi venissero ribaltati sui consumatori attraverso un aumento delle tariffe dell'acqua potabile, nelle aree interessate un'economia domestica di quattro persone dovrebbe sostenere oneri supplementari stimati molto approssimativamente tra i 61 (variante 2) e i 115 franchi (variante 4) per economia domestica e anno.

Figura K-2: Panoramica dei costi stimati a seconda della variante



Fonte: Propri calcoli.

Nota: La bolletta dell'acqua potabile per una famiglia di quattro persone non è quattro volte superiore ai costi pro capite, poiché anche le aziende sono interessate da una bolletta dell'acqua potabile più cospicua e pagano la loro quota dei costi di trattamento.

Quale variante raccomanda di attuare il team di progetto e come dovrà essere finanziata?

A causa del periodo di attuazione stimato in 5-15 anni, il team di progetto raccomanda di prendere seriamente in considerazione il trattamento solo se si prevede che i valori massimi previsti dalla legge saranno superati oltre tale periodo e se tutte le altre misure sono state esaurite. Come illustrato dalla variante 3, ciò si verificherà in tutta la Svizzera solo in casi isolati:

- proiezione della variante 3 per il **clorotalonil: circa 14 società di approvvigionamento idrico** con **costi di investimento** complessivi di **circa 50 milioni di franchi**.

Inoltre anche le società di approvvigionamento dell'acqua interessate dal superamento dei valori massimi per le PFAS dovrebbero adottare le misure del caso:

- proiezione della variante 4 per le **PFAS: circa 5 società di approvvigionamento idrico** con **costi di investimento** complessivi di **circa 25 milioni di franchi**.

Poiché il trattamento di potabilizzazione dell'acqua è probabilmente opportuno soltanto in casi isolati, il team di progetto raccomanda di rinunciare sia per il clorotalonil sia per le PFAS a un sistema di finanziamento a destinazione vincolata come in altri casi di siti contaminati (p. es. fondo OTaRSI[6]).

Per le società di approvvigionamento idrico maggiori le condotte supplementari necessarie a migliorare la rete di approvvigionamento o gli impianti di trattamento dell'acqua possono essere in linea di principio finanziati aumentando le tariffe dell'acqua. Per le società minori ciò può comportare costi sproporzionati. Affinché la protezione della popolazione da acqua potabile contaminata sia garantita anche in questi casi e non fallisca a causa di ostacoli finanziari o venga ritardata per motivi finanziari, in casi eccezionali può essere opportuno un sovvenzionamento. Attualmente, mancano tuttavia basi legislative specifiche a livello federale per sostenere finanziariamente gli impianti di trattamento dell'acqua. Questo sarebbe inoltre un cambio di sistema, dal momento che oggi le società di approvvigionamento idrico sono responsabili di adempiere le prescrizioni imposte dal diritto alimentare. Per evitare falsi incentivi con altri importanti obiettivi della Confederazione e dei Cantoni, un eventuale finanziamento di impianti di trattamento dovrebbe essere vincolato alla condizione che le possibilità delle altre misure siano state esaurite.

Il team di progetto raccomanda inoltre di compensare il fabbisogno finanziario tramite l'abrogazione dell'aliquota IVA ridotta sui prodotti fitosanitari, che tuttavia richiederebbe anche una modifica di legge. Aumentando l'imposta sul valore aggiunto all'aliquota normale, è possibile prevedere maggiori entrate di circa 7 milioni di franchi all'anno, che sarebbero sufficienti a coprire i costi di investimento relativi alle varianti 3 e 4.

Inoltre si potrebbe prendere in considerazione un'eventuale tassa sulle PFAS, qualora il problema dovesse inasprirsi in futuro malgrado le eventuali misure precauzionali adottate. Infatti, a differenza del clorotalonil, non vi sono indizi che la contaminazione da PFAS diminuirà in un prossimo futuro. Andrebbe esaminato anche il finanziamento di misure precauzionali in relazione alle PFAS.

[6] Fondo per finanziare l'indagine, la sorveglianza e il risanamento di siti contaminati, secondo l'ordinanza sulla tassa per il risanamento dei siti contaminati (OTaRSI).

Glossar / Abkürzungsverzeichnis

µg/L	Konzentration, gemessen in Mikrogramm pro Liter
a	Jahr
AP2030+	Agrarpolitik für die Zeit nach 2030
AP22+	Agrarpolitik ab 2022
ARA	Abwasserreinigungsanlage
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BLV	Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen
BWL	Bundesamt für wirtschaftliche Landesvorsorgeversorgung
ChemRRV	Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung)
CHF	Schweizer Franken
d	Tag
EDI	Eidgenössisches Departement des Innern
GSchG	Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz)
GSchV	Gewässerschutzverordnung
m^3	Kubikmeter
Mio.	Millionen
MWST	Mehrwertsteuer
NAQUA	Nationale Grundwasserbeobachtung
PFAS	Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (stabile synthetische Industriechemikalien)
PFHxS	Perfluorhexansulfonsäure
PFOA	Perfluoroctansäure
PFOS	Perfluoroctansulfonsäure
PSM	Pflanzenschutzmittel
SVGW	Fachverband für Wasser, Gas und Wärme
TBDV	Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen
USG	Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz)
VASA	Verordnung über die Abgabe zur Sanierung von Altlasten
VKCS	Verband der Kantonschemiker der Schweiz
WV	Wasserversorgung(en)

1 Auftrag, Zielsetzung, Vorgehen

1.1 Ausgangslage, Zielsetzung

In der Schweiz werden rund 40 % des Trinkwassers aus Grundwasser und 40 % aus Quellwasser gewonnen[7]. Das Grundwasser ist im Schweizer Mittelland verbreitet mit Abbauprodukten (Metaboliten) von Chlorothalonil[8], einem in Pflanzenschutzmitteln (PSM) eingesetzten Wirkstoff, belastet und teilweise auch mit PFAS[9] (-> siehe Kapitel 2).

Im Jahr 2019 hat das BLV im Rahmen einer gezielten Überprüfung die Abbauprodukte von Chlorothalonil hinsichtlich eines möglichen Gesundheitsrisikos neu bewertet. Gestützt darauf wurde der Einsatz von Produkten mit Chlorothalonil ab dem 1. Januar 2020 verboten. Syngenta hat gegen diesen Entscheid sowie zu Weisungen des BLV beim Bundesverwaltungsgericht Beschwerden eingereicht[10], die zum Zeitpunkt dieses Berichts noch hängig waren.

Zurzeit sind verschiedene Bestrebungen im Gange, um den vorsorglichen Schutz des Grundwassers zu stärken, u.a. durch die Ausscheidung von Zuströmbereichen. Zur Sanierung der Chlorothalonil- und PFAS-Problematik im Grundwasser im Sinne einer Altlastenproblematik kommen sie jedoch zu spät. Für den vorliegenden Bericht stellten sich somit folgende **Leitfragen**:

- *Wie kann der Höchstwert für **Chlorothalonil-Abbauprodukte im Trinkwasser** unter Berücksichtigung der **Prinzipien von Machbarkeit, Verhältnismässigkeit und Vorsorge möglichst rasch eingehalten** werden und wie sind solche Massnahmen zu **finanzieren**?*
- *Gibt es Synergien zur Einhaltung des voraussichtlich ab 2026 geltenden neuen Höchstwert für **PFAS** im Trinkwasser?*

Die vorsorglichen Massnahmen, insbesondere die Ausscheidung von Zuströmbereichen, werden im Rahmen dieses Berichtes nicht vertieft behandelt. Dazu wird auf die Arbeiten zur Umsetzung der Motion 20.3625 Zanetti «Wirksamer Trinkwasserschutz durch Bestimmung der Zuströmbereiche» verwiesen.

1.2 Auftrag

Im Zentrum dieses Berichts stehen die Grundlagen zur Beantwortung des vorliegenden Postulats 20.4087 Clivaz *«Verunreinigungen des Trinkwassers mit Chlorothalonil: Wie reagieren und wie die nötigen Sanierungen finanzieren?»*, welche auch zur Bearbeitung der Motion 20.3052 Fluri *«Verursacherorientierte Finanzierung der zusätzlichen*

[7] Freiburghaus (2023), Wasserstatistik. Ergebnisse der Erhebung zum Betriebsjahr 2021.

[8] Das Fungizid Chlorothalonil wurde ab den 1970er-Jahren im Getreide-, Gemüse-, Wein- und Zierpflanzenbau eingesetzt.

[9] PFAS (per- und polyfluorierte Alkylverbindungen) sind äusserst stabile synthetische Industriechemikalien, die sich in der Umwelt anreichern und teilweise toxisch oder krebserregend sind.

[10] Siehe Zwischenentscheide des Bundesverwaltungsgerichts: B-531/2020, B-3340/2020

Trinkwasseraufbereitungsanlagen infolge strengerer Grenzwerte für Pflanzenschutzmittel» dem Parlament bereitgestellt werden. Der Bericht soll damit folgende Fragen beantworten:

1. **Massnahmen**: Welche wirksamen Massnahmen für die Sanierung gibt es und wie lange ist die durchschnittliche (kurz-, mittel- und langfristige) Umsetzungsdauer? Was könnte die Umsetzungsdauer beeinflussen (mögliche Hindernisse bei der Realisierung wie z. B. Einsprachen)? -> siehe Kapitel 4

2. **Belastungen in Zukunft:** In welchen Konstellationen besteht ein Risiko, dass ein Teil der Bevölkerung bis zur Sanierung über einen längeren Zeitraum einer Kontamination ausgesetzt bleibt? Welches sind Massnahmen, um dieses Risiko einer längeren Belastung mittel- bis langfristig zu minimieren? -> siehe Kapitel 3 und 6

3. **Kosten**: Wie hoch sind – anhand von Beispielen bestehender sowie geplanter Sanierungsprojekte – die Kosten von Sanierungsmassnahmen? -> siehe Kapitel 7.1

4. **Finanzierungsmodelle:** Welche Finanzierungsmodelle sind denkbar und welches sind die Vor- und Nachteile, namentlich in Bezug auf den Vollzugsföderalismus und den vorsorglichen Gewässerschutz? -> siehe Kapitel 7.3

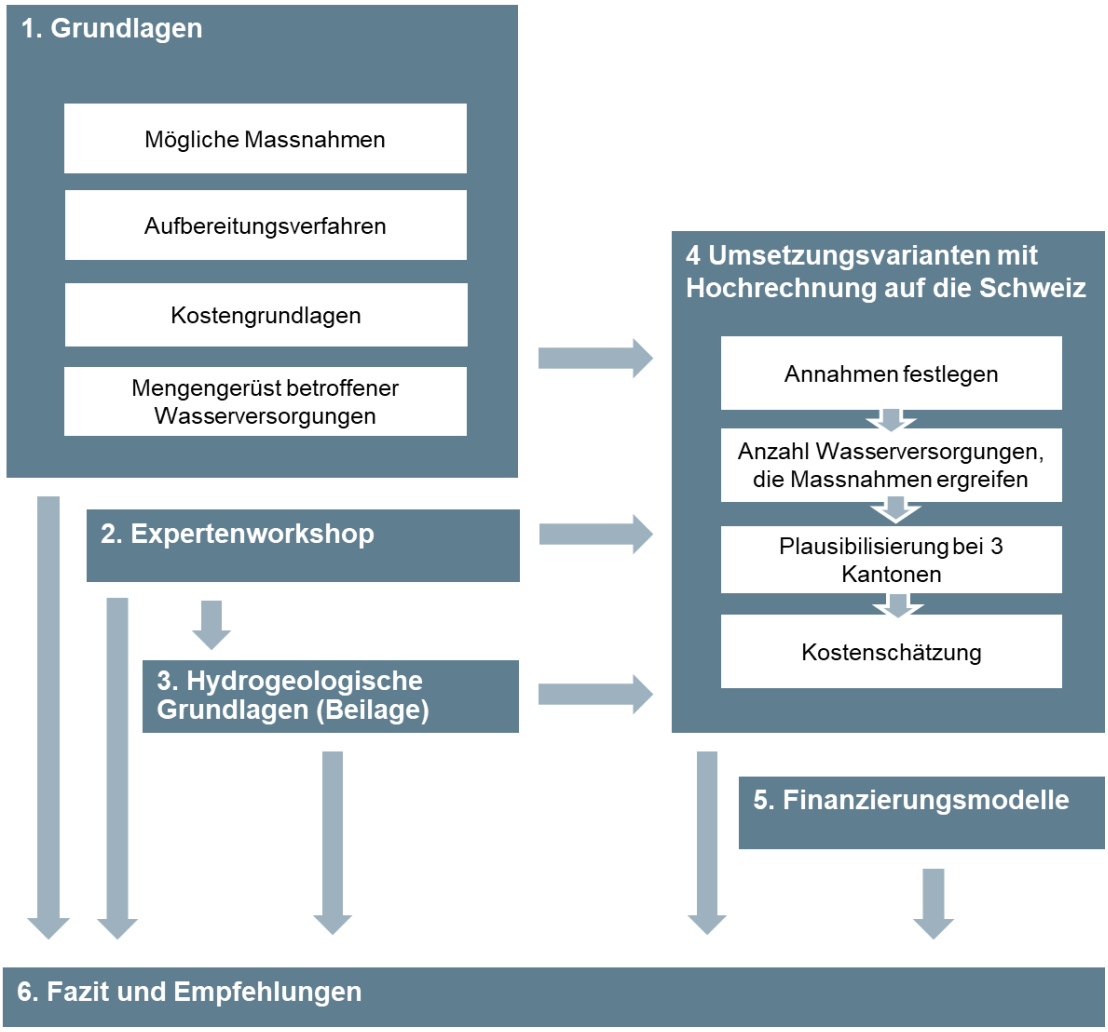
5. **PFAS:** Wie lassen sich die Antworten auf die Fragen 1-4 auf Verunreinigungen des Wassers mit anderen persistenten Pflanzenschutzmittelmetaboliten sowie per- und polyfluorierten Alkylverbindungen (PFAS) übertragen? -> siehe diverse Kapitel und 8

1.3 Vorgehen

Es wurde ein Vorgehen in sechs Arbeitsschritten gewählt (siehe Abbildung 1-1). Im ersten Schritt wurden verschiedene Grundlagen zu möglichen Massnahmen, Aufbereitungsverfahren, Kosten und einem Mengengerüst der betroffenen Wasserversorgungen zusammengestellt. Diese Grundlagen wurden an einem Workshop mit Expertinnen und Experten diskutiert. Aufgrund der Erkenntnisse und Diskussionen aus diesem Workshop wurde die Plattform Grundwasserschutz beauftragt, in einem separaten Bericht hydrogeologische Grundlagen zusammenzustellen, welche Hinweise zur natürlichen Konzentrationsabnahme geben. Die Ergebnisse all dieser Abklärungen sind in den Kapiteln 2 bis 5 beschrieben.

All diese Grundlagen wurden schliesslich als Input für vier mögliche Umsetzungsvarianten verwendet. Diese vier Varianten (Kapitel 6) und die daraus abgeleiteten und diskutierten Finanzierungsmodelle (Kapitel 7) und Empfehlungen (Kapitel 8) sind im Sinne von Vorschlägen zu verstehen.

Abbildung 1-1: Vorgehen in sechs Arbeitsschritten



Quelle: Eigene Abbildung

1.4 Unsicherheiten, Daten und Methoden

Insgesamt bestehen unvollständige Datengrundlagen mit vielen Unsicherheiten. Für einen detaillierten Beschrieb der getroffenen Annahmen wird auf den Anhang verwiesen.

Zur Abschätzung der Bevölkerung, welche belastetes Trinkwasser mit Konzentration > 0.1 µg/L konsumiert, wurde eine Umfrage des BLV bei den Kantonen[11] herangezogen.

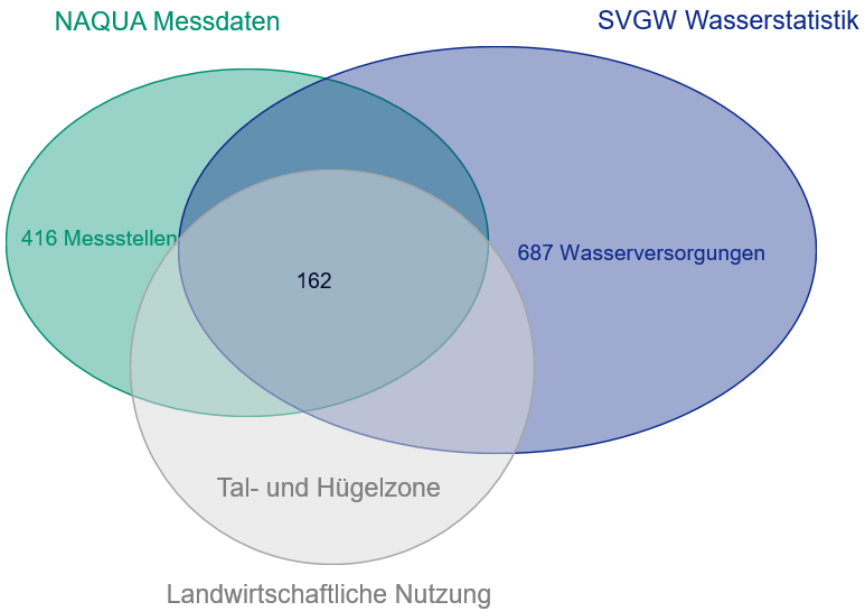
Weiter gibt es von der Plattform Grundwasserschutz eine Abschätzung der Anzahl Fassungen mit Ackerbau im Einzugsgebiet, welche somit mit hoher Wahrscheinlichkeit mit Chlorothalonil-Metaboliten belastet sind. Zur Bereitstellung von Trinkwasser mit Konzentrationen < 0.1 µg/L **im Verteilnetz** sind aber nur Fassungen ab einer gewissen Mindestgrösse relevant, da das Wasser von Kleinst-Fassungen in der Regel mit Wasser aus anderen Fassungen gemischt

[11] BLV, BAFU (2022), Umsetzung des Protokolls Wasser und Gesundheit in der Schweiz, Bewertung der von 2019 bis 2021 erzielten Fortschritte nach Artikel 7 des Protokolls, April 2022.

werden kann. Für Massnahmen zur Senkung der Konzentration spielt die **Grösse der Fassung somit eine entscheidende Rolle**. Für die vorliegenden Fragestellungen wurde zudem davon ausgegangen, dass pro Wasserversorgung nur eine massgebende Fassung vorhanden ist, bei welcher Aufbereitungsmassnahmen in Erwägung gezogen werden.

Um ein **Mengengerüst** der betroffenen Wasserversorgungen − **differenziert nach Grösse und Konzentration** der Belastung − zu erhalten, wurden die NAQUA-Messdaten des BAFU sowie die SVGW-Wasserstatistik kombiniert. Dabei ist zu beachten, dass beide Datensätze nur einen Teil der Grundwasserströme bzw. Wasserversorgungen der Schweiz abdecken. Im Sinne einer Schnittmenge konnten 162 NAQUA-Messstellen und Wasserversorgungen einander räumlich zugeordnet werden, welche in der Tal- und Hügelzone liegen[12] und 2.2 Mio. Einwohner und Einwohnerinnen abdecken (Abbildung 1-2). Zur Abschätzung der schweizweit betroffenen Wasserversorgungen (Kapitel 2.3) und den Umsetzungsvarianten (Kapitel 6) wurde das Mengengerüst durch Bevölkerungsanteile auf die Schweiz hochgerechnet. Schliesslich wurde die Anzahl betroffener Wasserversorgungen mit Angaben aus den Kantonen Zürich, Bern und Waadt plausibilisiert.

Abbildung 1-2: Schnittmenge der NAQUA-Messungen und der SVGW-Wasserstatistik, welche zur Hochrechnung auf die Schweiz verwendet wurde.



Quelle: Eigene Abbildung

[12] Gemäss Karte der landwirtschaftlichen Zonen und Gebiete (admin.ch)

1.5 Rechtliche Ausgangslage

Höchstwerte im Trink- und Grundwasser

Sowohl für das Trinkwasser als auch für das Grundwasser gelten die Höchstwerte der Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV), sofern die Gewässerschutzverordnung (GSchV) keine eigenen Höchstwerte enthält[13,14].

- **Chlorothalonil**: Für Abbauprodukte (Metaboliten) von Pflanzenschutzmitteln, die als relevant eingestuft sind, gilt ein **Höchstwert von 0.1 Mikrogramm pro Liter (µg/l)** gemäss Anhang 2 der TBDV. Zurzeit ist die Beschwerde von Syngenta beim Bundesverwaltungsgericht noch hängig.

  => Annahme: Im Rahmen dieser Studie gehen wir davon aus, dass der Höchstwert von 0.1 µg/L auch in Zukunft gilt.

- **PFAS**: Die TBDV hält aktuell für zwei PFAS (PFOS und PFHxS) den Höchstwert von 0.3 µg/l und für ein PFAS (PFOA) den Höchstwert von 0.5 µg/l fest[15]. Es ist angedacht, die Höchstwerte an die EU-Trinkwasserrichtlinie anzupassen, so dass ab 2026 für die Summe von 20 PFAS ein Höchstwert von 0.1 µg/L gelten würde.

Vorsorglicher Grundwasserschutz

Der Bundesrat sieht die Lösung der Pestizidproblematik beim Grund- und Trinkwasser neben Anpassungen in der Landwirtschaftsgesetzgebung in der Stärkung des vorsorglichen Grundwasserschutzes[16], welcher sich auf das im Umweltschutzgesetz (USG) verankerte Vorsorgeprinzip und auf das Gewässerschutzgesetz (GSchG) abstützt.

Technische Aufbereitungsverfahren für die Trinkwassernutzung

Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird oder dafür vorgesehen ist, muss gemäss GSchV so beschaffen sein, dass es – gegebenenfalls nach einfacher Aufbereitung – die Höchstwerte des Lebensmittelrechts für Trinkwasser einhält. Daraus folgt, dass für die Trinkwasserversorgung keine neuen Wasserressourcen erschlossen werden dürfen, bei welchen die Höchstwerte überschritten werden. Denn die in Kapitel 5 vorgestellten

[13] Chlorothalonil-Metaboliten im Grundwasser, PFAS im Grundwasser

[14] Der Wert von 0.1 µg/L wird auch in der GSchV für Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt werden soll, angegeben. In der GSchV wird jedoch nicht nach der Relevanz von Metaboliten unterschieden.

[15] Im Anhang 1.16 der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) sind die Inverkehrbringung und Verwendung von per- und polyfluorierten Alkylverbindungen mit Verboten und Ausnahmen geregelt.

[16] Siehe z. B. Antwort des Bundesrates auf das Postulat 20.4087 Clivaz.

Aufbereitungsverfahren (Granulierte Aktivkohle, Pulveraktivkohle kombiniert mit Ultrafiltrationsmembran, Nanofiltration und Umkehrosmose) fallen nicht unter «einfache Aufbereitung» gemäss GSchV.

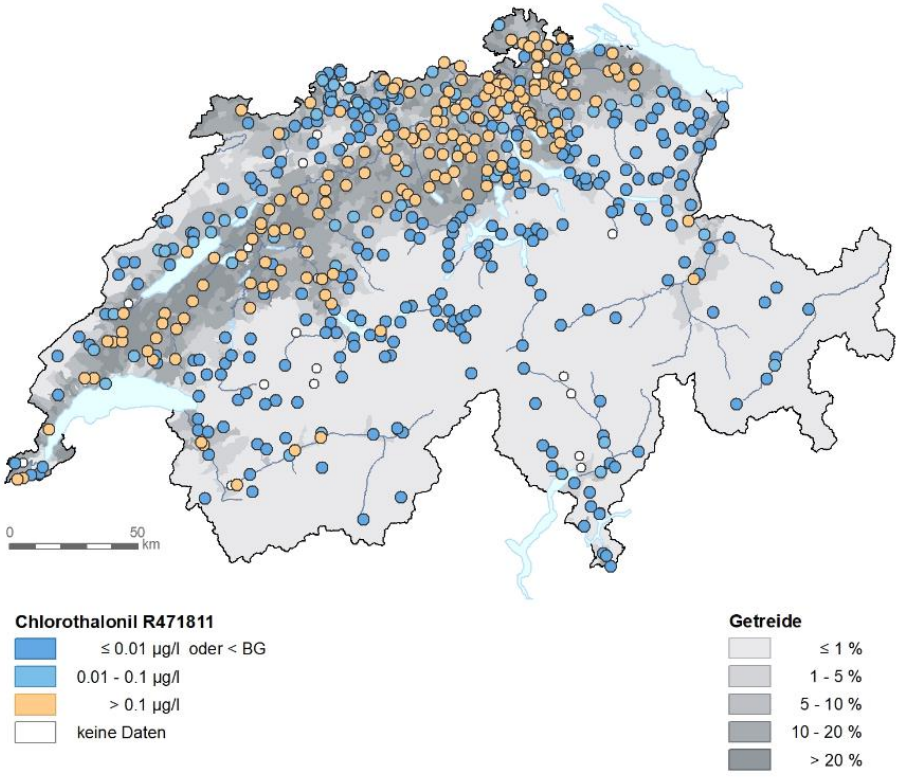
⇨ Annahme für diese Studie: Im Sinne der Verhältnismässigkeit gehen wir im Rahmen dieser Studie davon aus, dass eine Aufbereitung mit den genannten Verfahren zu prüfen ist, sofern keine anderen wirtschaftlich tragbaren Lösungen möglich sind.

2 Übersicht der Belastungen im Grund- und Trinkwasser

2.1 Chlorothalonil-Metaboliten im Grundwasser

Metaboliten des Fungizids Chlorothalonil belasten das Grundwasser in der Schweiz grossflächig mit mehr als 0.1 µg/L. Insbesondere die Metaboliten R471811 und R417888 treten in Konzentrationen von über 0.1 µg/L auf. Besonders stark ist das Grundwasser durch den Metaboliten R471811 belastet. Er überschreitet im Mittelland an mehr als 60 % der NAQUA-Messstellen den Wert von 0.1 µg/L. Landesweit war im Jahr 2020 jede dritte Messstelle betroffen[17]. Betroffen ist hauptsächlich das landwirtschaftlich intensiv genutzte Mittelland. Grundwasserleiter in den Alpen und im Jura sind weniger betroffen (siehe Abbildung 2-1). Die Konzentrationen in Oberflächengewässern (z. B. Zürichsee, Rhein[18]) sind in der Regel unter 0.1 µg/L. Kleinere Mittellandseen in stark landwirtschaftlich genutztem Gebiet wie z. B. Hallwilersee oder Sempachersee weisen teilweise jedoch auch Konzentrationen von über 0.1 µg/L auf.

Abbildung 2-1: Chlorothalonil R471811 im Grundwasser. Maximalwert pro NAQUA-Messstelle (BAFU 2020)



Quelle: NAQUA-Datensatz für das Jahr 2020.

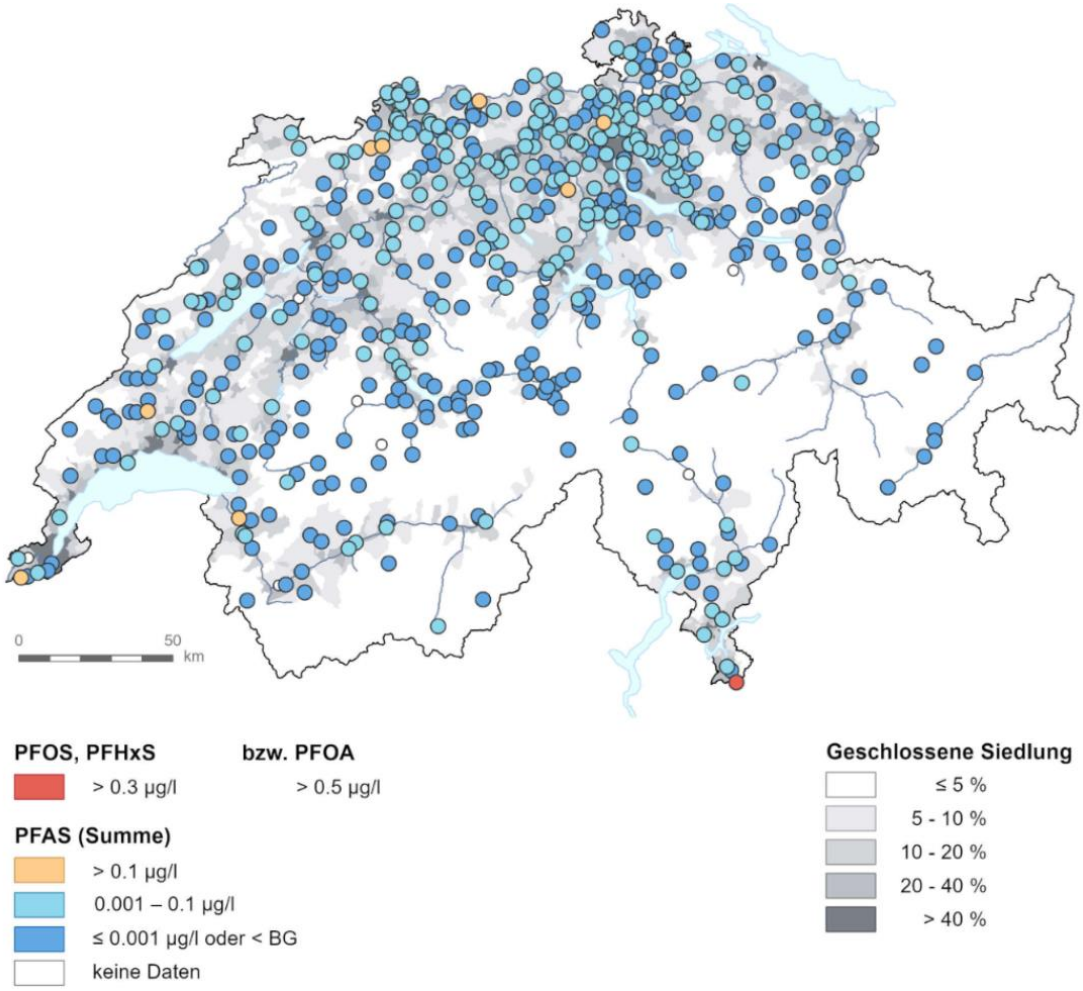
[17] Landesweiter Datensätze der NAQUA-Messstellen zu den Chlorothalonil-Metaboliten R417888 und R471811 für das Jahr 2020.

[18] Gesundheitsdirektion des Kantons Zürichs (2020), Grund- und Trinkwasser im Kanton Zürich: Rückstände von Chlorothalonil-Metaboliten.

2.2 PFAS im Grundwasser

Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS) wurden 2021 in knapp der Hälfte der NAQUA-Messstellen nachgewiesen[19]. Dabei wurden insgesamt 13 verschiedene PFAS identifiziert. In den höchsten Konzentrationen trat die Einzelsubstanz PFOS auf, die in der Schweiz seit 2011, mit wenigen Ausnahmen, verboten ist. Der aktuell gültige Höchstwert wird nur an einer Messtelle überschritten. Der ab 2026 vorgesehene Summenwert von maximal 0.1 µg/L im Trinkwasser wird an rund 2 % der Messstellen überschritten (Abbildung 2-2). Im Gegensatz zu den Chlorothalonil-Metaboliten liegen die mit PFAS belasteten Standorte oftmals im Nicht-Landwirtschaftsgebiet.[20]

Abbildung 2-2: PFAS im Grundwasser



Quelle: BAFU (2021), Daten NAQUA

[19] BAFU (2021).

[20] ARCADIS (2021)

2.3 Betroffene Wasserversorgungen, Trinkwassernetz

Durch einen Verschnitt der NAQUA-Messdaten und Angaben aus der SVGW-Wasserstatistik (siehe 1.3) wurde im Rahmen dieser Studie grob abgeschätzt, wie viele Wasserversorgungen von Höchstwertüberschreitungen beim Chlorothalonil betroffen sind.

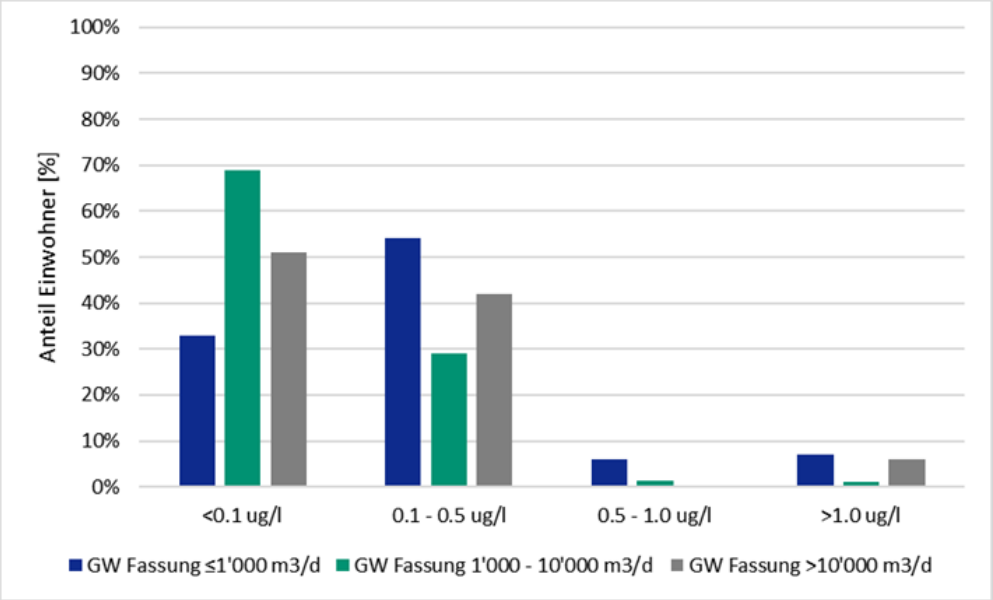
Gemäss dieser Abschätzung leben ungefähr 48 % der Bevölkerung in einer Gemeinde mit einer Wasserversorgung, welche auch mit Grundwasser versorgt wird, welches Konzentrationen von Chlorothalonil-Metaboliten über 0.1 µg/L aufweist. Je nach lokalen Gegebenheiten wird das Wasser aus den belasteten Grundwasserfassungen mit anderen Wasserressourcen (Quellen, weitere Grundwasserbrunnen, Seewasser) der Versorgung oder mit unbelastetem bzw. weniger belastetem Wasser von Drittversorgungen gemischt. Daher ist ein deutlich geringerer Anteil der Bevölkerung Höchstwertüberschreitungen im Trinkwassernetz ausgesetzt. Gemäss einer Umfrage bei verschiedenen Kantonen durch das BLV sind ungefähr 11 % der Einwohner von Messwerten > 0.1 µg/L betroffen[21]. Die Umfrage des BLV umfasst jedoch nicht alle Kantone, da Zürich fehlt. Ein Bericht der Gesundheitsdirektion und der Baudirektion des Kantons Zürich[22] bestätigt jedoch, dass die Konzentration im Netz bei vielen Wasserversorgungen dank Mischen unter 0.1 µg/L liegt, obwohl die entsprechenden Trinkwasserversorgungen auch durch Fassungen mit Konzentrationen über 0.1 µg/L versorgt werden.

Weiter zeigt Abbildung 2-3, dass nur ein sehr geringer Bevölkerungsanteil von Wasserversorgungen mit Grundwasserfassungen mit hohen Konzentrationen (0.5 µg/L und mehr) versorgt wird. Bei Fassungen mit hohen Konzentrationen ist es unwahrscheinlich, dass durch Mischen eine Höchstwertüberschreitung im Netz verhindert werden kann. Im Falle einer Aufbereitung sind komplexere Aufbereitungsverfahren notwendig, weil der Einsatz von Aktivkohle bei hohen Konzentrationen von Chlorothalonil- Metaboliten nicht wirtschaftlich ist (siehe auch Kapitel 5), Schliesslich gibt die Abbildung Hinweise zur Grösse der betroffenen Fassungen, welche bei der Diskussion der Massnahmen und möglicher Umsetzungsvarianten von Bedeutung sind (siehe Kapitel 6).

[21] BLV, BAFU (2022), Umsetzung des Protokolls Wasser und Gesundheit in der Schweiz, Bewertung der von 2019 bis 2021 erzielten Fortschritte nach Artikel 7 des Protokolls, April 2022.

[22] Gesundheitsdirektion des Kantons Zürichs (2020), Grund- und Trinkwasser im Kanton Zürich: Rückstände von Chlorothalonil-Metaboliten.

Abbildung 2-3: Anteile betroffener Fassungen nach Grösse und Konzentrationsklassen (Chlorothalonil-Metaboliten)



Bemerkungen: Das Total «Anteil Einwohner» pro Grössenklasse der Fassungen ergibt 100 %, das Gesamttotal 300 %. Die Abbildung gibt darum Hinweise zur Betroffenheit nach Grössenklasse, eignet sich aber nicht um daraus Prozentpunkte von betroffenen Bevölkerungsanteilen herauszulesen.

Quelle: Eigene Abbildung

3 Hinweise zur natürlichen Konzentrationsabnahme

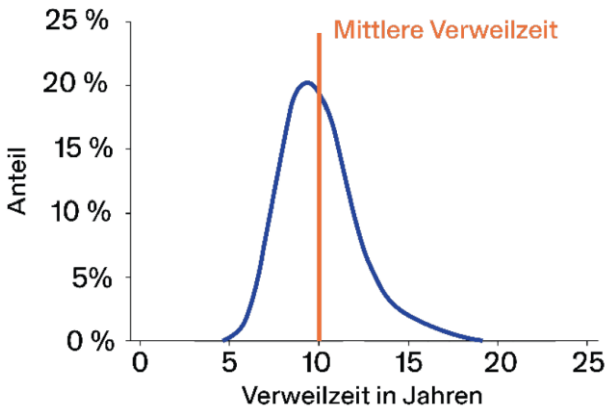
Eine abschliessende Prognose zum zukünftigen Konzentrationsverlauf der Chlorothalonil-Metaboliten ist nicht möglich. Es gibt jedoch wissenschaftlich fundierte Hinweise, dass die Konzentration der beiden für den vorliegenden Fall relevanten Chlorothalonil-Metaboliten[23] bei vielen Fassungen in den nächsten Jahren bis Jahrzehnte, je nach Grundwasseralter, abnehmen wird.

Grundwasseralter als massgebender Indikator für den Konzentrationsverlauf

Gemäss Bericht der Plattform Grundwasserschutz[24] kann angenommen werden, dass die beiden Chlorothalonil-Metaboliten in der Bodenpassage praktisch nicht zurückgehalten werden (keine Adsorption), sondern rasch ins Grundwasser eingetragen werden. Entsprechend ist seit dem Ausbringverbot vom Januar 2020 nicht mit einer weiteren Anreicherung im Grundwasser zu rechnen.

Das Grundwasseralter ist die entscheidende Kenngrösse, um abzuschätzen, wie lange erhöhte Konzentrationen von Chlorothalonil-Metaboliten im Grundwasser vorhanden sein werden. Dabei sind sowohl die mittlere **Verweilzeit des Grundwassers** als auch die **Struktur der Altersverteilung** relevant. Letztere ist z. B. dann relevant, wenn ein geringer Anteil von altem Grundwasser stärker verunreinigt ist als jüngeres Grundwasser und so die Verunreinigung wesentlich länger andauert, als es die mittlere Verweilzeit vermuten lassen würde. Analog können Verunreinigungen auch wesentlich schneller aus dem Grundwasserleiter ausgewaschen sein, wenn mehrheitlich jüngeres Grundwasser verunreinigt ist.

Abbildung 3-1: Beispiel einer Anteilsverteilung unterschiedlicher Alter in einer Grundwasserprobe. Die mittlere Verweilzeit beträgt 10 Jahre.



Quelle: Plattform Grundwasserschutz (2023). Grundlagen für die Beantwortung des Postulats 20.4087.

[23] Metaboliten R417811 und R417888.

[24] Plattform Grundwasserschutz (2023). Grundlagen für die Beantwortung des Postulats 20.4087.

Typische mittlere Altersverteilungen für verschiedene Grundwassertypen

Weiter hat die Plattform Grundwasserschutz die in der Schweiz zur Trinkwasserversorgung genutzten Grundwasserfassungen in übergeordnete hydrogeologische Kategorien eingeordnet und für diese typische mittlere Verweilzeiten abgeschätzt:

- Brunnenfassungen in Lockergesteins-Grundwasserleitern – Fassungen entfernt von Fliessgewässern
- Fassungen in der Nähe von Fliessgewässern
- Quellfassungen in Lockergesteins-Grundwasserleitern
- Grundwasserfassungen in Karst oder Kluft-Grundwasserleitern

Für jede Kategorie wurde eine typische mittlere Altersverteilung berechnet. Damit konnte eine Prognose zur zeitlichen Entwicklung der Konzentration hergeleitet werden. Abbildung 3-2 zeigt somit die erwartete Entwicklung der Konzentration der beiden relevanten Chlorothalonil-Metaboliten für vier verschiedene Fassungstypen bei einer angenommen Ausgangskonzentration von 0.5 µg/L.

Abbildung 3-2: Prognose des Konzentrationsverlaufs aufgrund der mittleren Altersverteilungen bei verschiedenen Grundwassertypen

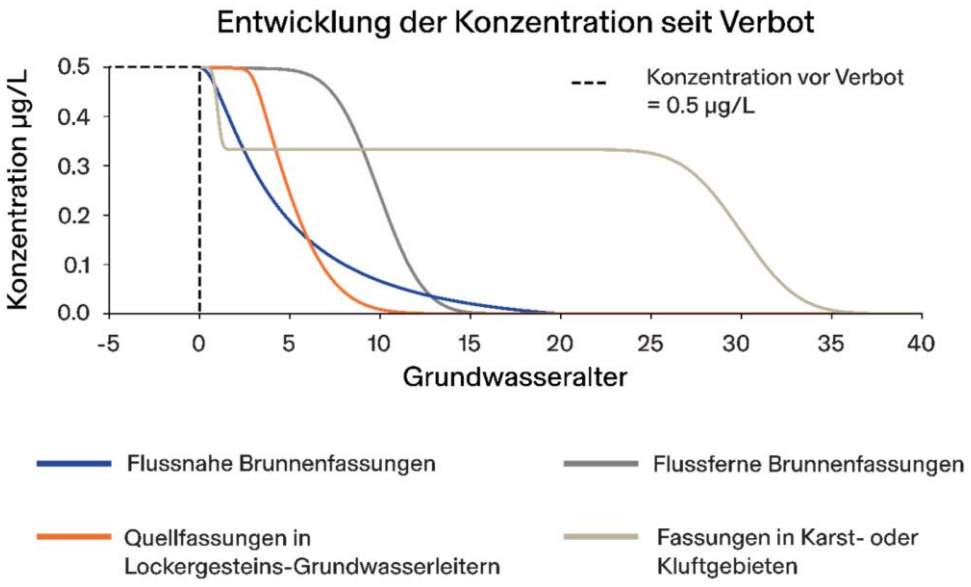


Abbildung 5: Abschätzung der zeitlichen Entwicklung der Verunreinigungskonzentration bei verschiedenen Grundwasseraltersverteilungen. Es wird dabei kein Rückhalte- oder Speichereffekt in der ungesättigten Zone berücksichtigt und davon ausgegangen, dass die Substanz chemisch stabil und inert ist.

Quelle: Plattform Grundwasserschutz (2023). Grundlagen für die Beantwortung des Postulats 20.4087.

Annahmen

Mehrere Annahmen und nicht berücksichtigte Einflussfaktoren können dazu führen, dass die Abnahme der Konzentration in der Realität kürzer oder länger andauert, als in der obigen Abbildung skizziert:

- Die Resultate gelten nur unter den Annahmen, dass sich seit dem Verbot der Ausgangssubstanz nur in unbedeutendem Ausmass neue Metaboliten bildeten und dass die beiden häufigsten Metaboliten kaum im Boden zwischengespeichert werden.
- Bei der mittleren Altersstruktur der verschiedenen Grundwassertypen handelt es sich um Modellierungen[25] und nicht um Messungen.
- Die Kurven zeigen jeweils den mittleren Verlauf der Konzentrationsabnahme der verschiedenen Fassungskategorien, sprich bei 50 % der Standorte ist eine raschere und bei 50 % der Standorte eine langsamere Abnahme zu erwarten, als es die Kurve zeigt.
- Weiter wurde die Aufenthaltszeit in der ungesättigten Zone (Bereich zwischen der Erdoberfläche und dem Grundwasserspiegel) nicht berücksichtigt. Je nach Eigenschaften dieser Zone kann sich die Konzentrationsabnahme vermutlich in vielen Fällen um 3-5 Jahre verzögern.

Folgerungen

Für die betroffenen Wasserversorgungen heben diese Resultate die grosse Bedeutung der Altersstruktur des Grundwassers hervor. Bevor grössere Investitionsentscheide gefällt werden, sollte die Altersstruktur mit einer Isotopenmessung bestimmt werden.

Für die Fragestellung in diesem Bericht lässt sich festhalten, dass trotz Unsicherheiten zu erwarten ist, dass die Konzentration im Grundwasser mit Belastungen der beiden Chlorothalonil-Metaboliten in den nächsten Jahren bis Jahrzehnte markant abnehmen wird:

- Für flussnahe Brunnenfassungen und Quellfassungen in Lockergesteins-Grundwasserleitern ist eine deutliche Abnahme der Konzentration innerhalb der nächsten 5 – 10 Jahre zu erwarten.
- Bei den flussfernen Brunnenfassungen dauert die Belastung etwas länger an. Jedoch kann davon ausgegangen werden, dass 15 Jahre nach dem Verbot nur noch ein kleiner Teil dieser Fassungen von Höchstwertüberschreitungen betroffen ist.
- Bei Fassungen in Karst- oder Kluftgebieten kann die Belastung je nach Begebenheit deutlichen länger anhalten. Der Anteil der Fassungen in Karst- oder Kluftgebieten an allen Quell- und Grundwasserfassungen in der Schweiz ist jedoch klein (< 10 %)

Diese Folgerungen können in dieser Form nicht auf andere PSM-Metaboliten oder PFAS übertragen werden. Bezüglich des Verhaltens von PFAS gibt es noch viele offene Forschungsfragen.

[25] Grundwasserneubildungsmodell (CHYN 2023, in Bearbeitung).

4 Mögliche Sanierungsmassnahmen

Das Kapitel gibt einen Überblick der möglichen Massnahmen im Zusammenhang mit Belastungen des Grundwassers und / oder des Trinkwassers mit Spurenstoffen, insbesondere mit Chlorothalonil-Metaboliten und PFAS. Die Massnahmen lassen sich grundsätzlich auf der Zeitachse in kurz- bis mittelfristige Massnahmen vs. längerfristige Massnahmen unterscheiden und werden entsprechend in den Abschnitten 4.1 und 4.2 kurz erläutert. Anschliessend werden in Kapitel 4.3 die wichtigsten Synergien und Konflikte dieser Massnahmen mit anderen wichtigen übergeordneten Zielen aufgezeigt und daraus wird eine Prioritätenfolge abgeleitet.

4.1 Kurz- bis mittelfristige Massnahmen

Ausserbetriebnahme von betroffenen Fassungen

Wenn die Wasserversorgung neben der belasteten Fassung noch genügend andere Wasserressourcen zur Verfügung hat, um den Bedarf zu decken, sollen die betroffenen Fassungen ausser Betrieb genommen werden.

Mischen mit unbelastetem Wasser

Durch das Mischen von belastetem und unbelastetem Wasser aus verschiedenen Bezugsquellen kann eine Höchstwertüberschreitung im Trinkwasser-Verteilnetz vermieden werden. Voraussetzung dafür ist, dass gezielt gemischt werden kann, z. B. in einem Reservoir. Dazu sind zum Teil bauliche Massnahmen erforderlich, wie z. B. eine Transportleitung, um das belastete Wasser direkt in das Reservoir zu fördern, ohne dass es durch das Versorgungsnetz fliesst. Zusätzlich muss genügend unbelastetes Wasser aus anderen Wasserressourcen zur Verfügung stehen, damit der Wasserbedarf der Versorgung weiterhin gedeckt werden kann. Diese Massnahme ist nur bei moderaten Höchstwertüberschreitungen möglich.

Fremdbezug

Solange die Trinkwasserressourcen einer Wasserversorgung kontaminiert sind, sollte auch der Bezug von zusätzlichem Trinkwasser aus einer benachbarten oder regionalen Versorgung geprüft werden. Dies setzt voraus, dass die Infrastruktur für einen Fremdbezug bereits vorhanden ist.

4.2 Langfristige Massnahmen

Verbesserung des vorsorglichen Ressourcenschutzes zur Vermeidung zukünftiger Kontaminationen des Grundwassers

Langfristig soll der vorsorgliche Ressourcenschutz gestärkt werden. Mögliche Massnahmen dazu sind:

- Bezeichnung von Zuströmbereichen mit Massnahmen zur Einschränkung der Nutzung (insbesondere bezüglich Dünge- und Pflanzenschutzmittel).
- Allgemein Umsetzung von Massnahmen in der Landwirtschaft, in den Abwasserreinigungsanlagen und weiteren Betrieben und Anlagen zur Reduktion der Belastung des Grundwassers mit Spurenstoffen.

Langfristige Massnahmen erfordern eine gute (idealerweise auch regionale oder sogar überregionale) Planung der Wasserversorgung.

Erschliessung von neuen unbelasteten Fassungen

Die Erschliessung von neuen Fassungen, die aus nicht belastetem Grundwasser gespiesen werden, ist selten möglich, aber in jedem Fall zu prüfen. Falls möglich, ist detailliert abzuklären, ob die neue Fassung eine genügende Kapazität und Wasserqualität aufweist und die Versorgungssicherheit durch ein weiteres Standbein mit anderem Risikoprofil verbessert wird.

Regionale Vernetzung

Sind keine unbelasteten Ressourcen vorhanden, ist zu prüfen, ob durch regionale Vernetzung zusätzliche unbelastete Wasserressourcen erschlossen werden können. Regionale Vernetzungen erfordern regionale Betrachtungen der verfügbaren Wasserressourcen, des Grundwasserschutzes und meist auch zusätzliche Leitungsbauten. Insbesondere die Ausscheidung von Zuströmbereichen kann besonders herausfordernd sein, weil die Zuströmbereiche gerade bei grösseren wichtigen Fassungen grenzüberschreitend (Gemeindegrenze, Kantonsgrenze oder Landesgrenze) sein können. Zudem müssen die Wasserlieferungen vertraglich klar geregelt werden. Der Bund[26], viele Kantone und der SVGW empfehlen regionale Vernetzungen unabhängig von der Chlorothalonil-Thematik, da ein zusätzliches Standbein die Versorgungssicherheit erhöht (z. B. bei Trockenheit oder bei einer schweren Mangellage).

Grundwasseranreicherung

In gewissen Gebieten kann Grundwasser auch künstlich angereichert und damit das verfügbare Rohwasser zur Trinkwassergewinnung erhöht und die Konzentration durch Verdünnung gesenkt werden. Beispiele dazu gibt es einige in der Schweiz, z. B. in Pratteln[27]. Dazu wird Oberflächenwasser via Versickerungsanlagen dem Grundwasser zugeführt. Diese Möglichkeit könnte zur Anpassung an den Klimawandel in Zukunft vermehrt zur Anwendung kommen. Die Idee ist, Wasser bei höheren Abflüssen im Grundwasser anzureichern, womit während Trockenperioden mehr Wasser zur Verfügung steht[28].

---

[26] Siehe z. B. BAFU (2014): Grundlagen für die Wasserversorgung 2025 sowie BWL und BAFU (2021): Kurz erklärt: Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in schweren Mangellagen.

[27] Hardwasser AG, https://hardwasser.ch/home.html

[28] Siehe dazu z. B. Pilotprojekt des Bundes zur Anpassung an den Klimawandel «Sommertrockenheit: Grundwasseranreicherung an Gewässern» https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/anpassung-an-den-klimawandel/pilotprogramm-anpassung-an-den-klimawandel.html

Technische Aufbereitungsverfahren

Es gibt verschiedene technische Aufbereitungsverfahren, welche das Wasser bei der Fassung aufbereiten können und so Chlorothalonil-Metaboliten und weitere Spurenstoffe aus dem Wasser entfernen. Diese bisher in der Schweiz in diesem Zusammenhang nicht verbreitet eingesetzten Aufbereitungsverfahren werden in Kapitel 5 detaillierter beschrieben.

4.3 Diskussion und Priorisierung der Massnahmen

Wie beschrieben, erfordern die aufgeführten kurz- bis mittelfristigen Massnahmen in der Regel nur geringe bauliche Massnahmen, sind somit günstiger und darum aus Sicht der Verhältnismässigkeit vorzuziehen. Aus Sicht der Gesundheit bzw. dem Schutz der Bevölkerung vor möglicherweise gesundheitsschädigenden Spurenstoffen sind diese Massnahmen aufgrund der raschen Umsetzbarkeit ebenfalls vorzuziehen, es besteht also weitgehend Zielharmonie bei diesen Massnahmen (siehe grüner Bereich in Abbildung 4-1). Wir gehen darum davon aus, dass die betroffenen Wasserversorgungen, **wo möglich, die kurz- bis mittelfristigen Massnahmen** seit dem Verbot von Chlorothalonil in der Regel **bereits umgesetzt** haben. Es gibt sicher auch Ausnahmen, z. B. wo ein Fremdbezug durch die Bevölkerung nicht erwünscht ist oder das Mischen grössere bauliche Massnahmen erfordert.

Bei den **langfristigen Massnahmen** hat gemäss dem Vorsorgeprinzip die Verbesserung des vorsorglichen Ressourcenschutzes Priorität. Mit Blick auf mögliche Belastungen von anderen Spurenstoffen im Grundwasser sind solche Massnahmen zu begrüssen. Zur Sanierung der Chlorothalonil-Problematik im Sinne einer Altlastenproblematik kommen sie jedoch zu spät. Die weiteren baulichen Massnahmen (Erschliessung von neuen unbelasteten Fassungen sowie die Regionale Vernetzung) sind auch aus Sicht der Versorgungssicherheit zentral. Sie entsprechen darum wichtigen Stossrichtungen der nationalen Strategie «Wasserversorgung 2025», welche bereits 2014 veröffentlicht wurde, und werden darum in diesem Bericht als aktuellen Stand der Technik betrachtet. Bei der Grundwasseranreicherung können ebenfalls Synergien mit der Versorgungsicherheit und der Klimaanpassung bestehen (siehe Kapitel 4.2.).

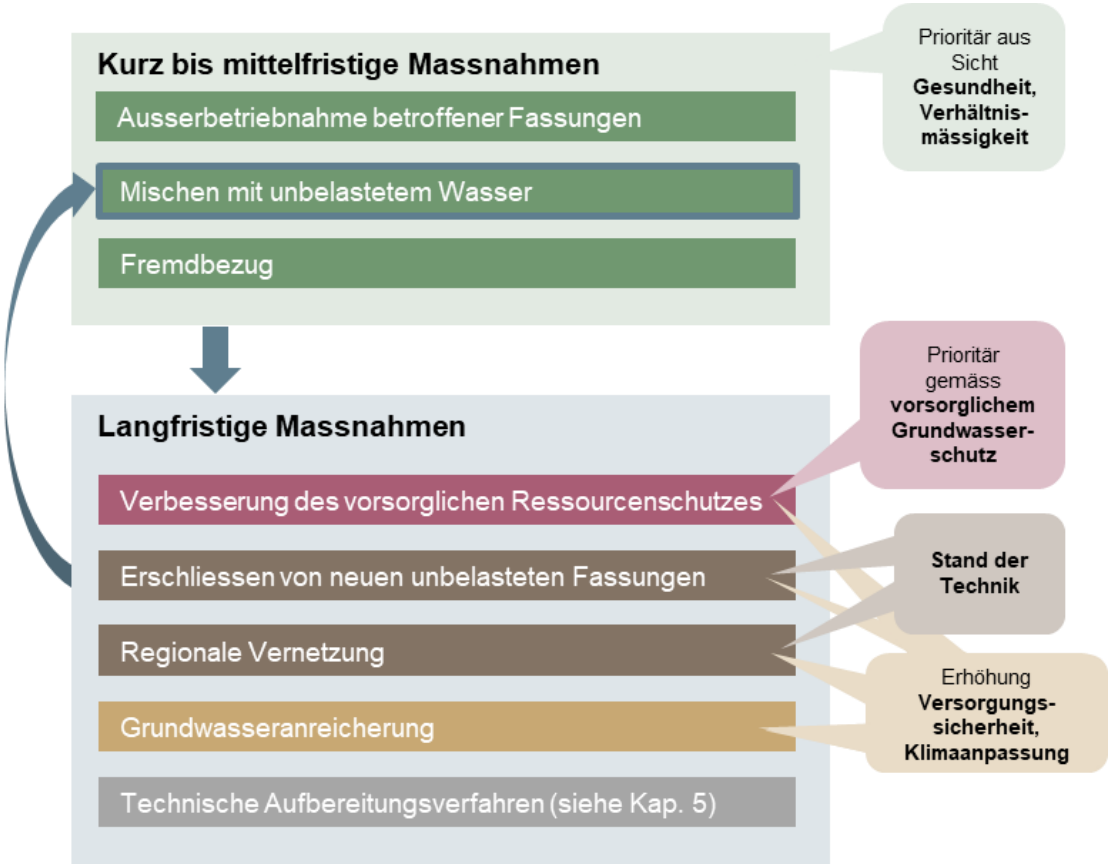
Da es bei all diesen erwähnten Massnahmen Synergien mit anderen wichtigen übergeordneten Zielen gibt, sollen **Aufbereitungsverfahren** erst dann zur Anwendung kommen, wenn alle anderen Massnahmen ausgeschöpft sind. Zudem ist zu unterstreichen, dass eine Aufbereitung am Ende der Verursacherkette dem vorsorglichen Grundwasserschutz widerspricht. Aufbereitungsmassnahmen sind darum kein Ersatz des vorsorglichen Ressourcenschutzes, sondern eine ergänzende Option im Sinne einer Übergangslösung (Ultima Ratio).

Obwohl diese Massnahmen also letzte Priorität haben, werden sie in einem separaten Kapitel 5 beschrieben, damit die nötigen Grundlagen zur Beantwortung der Postulatsfragen zur Verfügung stehen.

Aus dieser Massnahmenlogik ist schliesslich anzumerken, dass es zur Einhaltung der Höchstwerte nicht nötig ist, bei sämtlichen Fassungen mit Höchstwertüberschreitungen Massnahmen zu ergreifen. Sobald durch die Erschliessung neuer Fassungen, Vernetzung oder technische Aufbereitungsverfahren zusätzliche unbelastete Ressourcen zur Verfügung stehen, kann

zusätzlich gemischt und entsprechend die Konzentration im Trinkwassernetz gesenkt werden (siehe blauer Pfeil von langfristigen Massnahmen zurück zu Mischen in Abbildung 4-1).

Abbildung 4-1: Übersicht möglicher Massnahmen und Prioritäten aus unterschiedlichen Zielrichtungen



Quelle: Eigene Abbildung

5 Aufbereitungsverfahren

5.1 Mögliche Verfahren

(Hinweis: weitere Informationen zu den verschiedenen Verfahren sind in Anhang A aufgeführt)

Granulierte Aktivkohle

Bei einem granulierten Aktivkohlefilter fliesst das Wasser durch ein Filterbett mit Aktivkohle. Durch die Struktur der Aktivkohle mit mikroskopischen Poren bietet sich eine extrem grosse Oberfläche, an welche Spurenstoffe adsorbieren können. Die Aktivkohle hat nur eine begrenzte Adsorptionskapazität, welche je nach Stoff unterschiedlich hoch ist. Ist die Adsorptionskapazität erreicht, muss die Kohle ausgetauscht werden. Zur Elimination von Chlorothalonil-Metaboliten muss die Aktivkohle häufiger ausgetauscht werden, als dies bei einer konventionellen Trinkwasseraufbereitung der Fall ist. Für den Einsatz von Aktivkohle sind verschiedene Verfahrensvarianten möglich. Diese werden weiterentwickelt mit dem Ziel, den Verbrauch an Aktivkohle zu minimieren, wie zum Beispiel das LUCA-Verfahren[29], Mehrfachreaktoren oder Wirbelbett-Reaktoren.

Pulveraktivkohle kombiniert mit Ultrafiltrationsmembran

Bei diesem Verfahren wird Pulveraktivkohle im Zulauf einer Membran zudosiert. Die Pulveraktivkohle bildet eine Schicht auf der Ultrafiltrationsmembran und die Chlorothalonil-Metaboliten werden durch Adsorption an der Kohle aus dem Wasser entfernt. Die Ultrafiltrationsmembran dient zum Rückhalt der Pulveraktivkohle und ist selbst aufgrund der Porengrösse nicht geeignet, um Chlorothalonil-Metaboliten zurückzuhalten. Die Pulveraktivkohle wird mit der Rückspülung wieder aus dem Prozess entfernt. Die Entsorgung des Schlammes mit der Pulveraktivkohle kann unterschiedlich gelöst werden: Ableitung auf eine Abwasserreinigungsanlage (ARA), Entwässerung vor Ort und Transport zu Schlammbehandlung auf der ARA oder eventuell Entwässerung und Wiederverwendung als Pulveraktivkohle auf einer ARA.

Nanofiltration

Nanofiltrationsmembranen haben feinere Poren als Ultrafiltrationsmembranen und können daher Chlorothalonil-Metaboliten zurückhalten. Um das Wasser durch die Membran zu filtrieren, ist zusätzliche Energie notwendig. Für das Verfahren werden Chemikalien zur Reinigung und zum Schutz der Membran eingesetzt. Das Konzentrat enthält die aus dem Trinkwasser entfernten Spurenstoffe in erhöhten Konzentrationen. Wie dieses Konzentrat in der Schweiz entsorgt werden soll, ist zurzeit unklar. Möglichkeiten sind z. B. Ableitung auf eine ARA, Einleitung in den Vorfluter[30] oder Aufkonzentrierung und thermische Behandlung.

[29] Layered Upflow Carbon Adsorption

[30] natürlicher oder künstlicher Wasserlauf, der Wasser und vorgereinigtes Abwasser aufnimmt und weiterleitet

Umkehrosmose

Die Umkehrosmose hat im Gegensatz zur Nanofiltration eine noch kleinere Porengrösse von weniger als 0.001 µm. Somit werden neben Chlorothalonil-Metaboliten und weiteren Spurenstoffen auch Mineralien zurückgehalten. Entweder wird nur ein Teilstrom des Wassers mit Umkehrosmose behandelt und dann mit unbehandeltem Wasser gemischt oder es wird das gesamte Wasser behandelt (Vollstrom) und das Wasser danach wieder remineralisiert. Um das Wasser durch die Umkehrosmose-Membran zu filtrieren, ist zusätzliche Energie notwendig. Zudem sind zur Reinigung und zum Schutz der Membran Chemikalien erforderlich. Die Menge an benötigten Chemikalien hängt von der Rohwasserzusammensetzung und der angestrebten Ausbeute ab. Das Konzentrat enthält die aus dem Trinkwasser entfernten Stoffe in erhöhten Konzentrationen. Wie dieses Konzentrat in der Schweiz entsorgt werden soll, ist zurzeit unklar. Möglichkeiten sind z. B. Ableitung auf eine ARA, Einleitung in den Vorfluter oder Aufkonzentrierung und thermische Behandlung.

Kosten und Energieverbrauch

Die Kosten wurden basierend auf Erfahrungen aus ähnlichen Projekten und aus Kostenschätzungen basierend auf Pilotanlagen abgeschätzt[31,32,33] (Tabelle 5-1). Es handelt sich hierbei um grobe Abschätzungen. Je nach lokalen Gegebenheiten können die Kosten jedoch stark abweichen (Rohwasserqualität, Kanalisationsanschluss, Baugrund, Wasserqualität, vorhandene nutzbare Gebäude etc.). Nicht enthalten in den Kosten sind zusätzliche Erschliessungen für Elektrizität, Steuerung und Abwasser und allfällige neue Transportleitungen. Die Kostenberechnungen sind in Anhang 1 aufgelistet.

Tabelle 5-1: Abschätzung der Kosten (Investitions- und Betriebskosten) und des Energiebedarfs inklusive Leitungsbau.

Kosten berechnet mit Nutzungsdauern gemäss nach SVGW W1006_d_2009, beschränkt auf maximal 50 Jahre						
	Granulierte Aktivkohlefilter		Pulveraktivkohle kombiniert mit Ultrafiltration	Nanofiltration		Umkehrosmose
	1'000 m^3/d	10'000 m^3/d	10'000 m^3/d	1'000 m^3/d	10'000 m^3/d	10'000 m^3/d
Investitionskosten: Aufbereitung (CHF)	1'450'000	4'700'000	4'600'000	990'000	5'600'000	5'800'000
Investitionskosten: Leitungsbau (CHF)	1'000'000	1'000'000	1'000'000	1'000'000	1'000'000	1'000'000
Kapitalkosten (CHF/m^3)	0.53	0.13	0.15	0.47	0.21	0.27
Betriebskosten (CHF/m^3)	0.26	0.18	0.18	0.48	0.38	0.64
Total Kosten (CHF/m^3)	0.79	0.31	0.33	0.95	0.58	0.91
Energiebedarf (kWh/a)	14'000	137'000	250'000	73'000	730'000	1'500'000

Quelle: Eigene Abbildung

[31] Ville de Lausanne, Service de l'eau (2023), Rapport des essais pilotes 2020-2023.

[32] Seeländische Wasserversorgung Worben SGW (2023), SPAK-UF Pilotversuche, Endbericht.

[33] Hauert et al. (2022), Cas : Eau provenant de l'adduction de Thierrens exploitée par le service de l'eau de Lausanne.

Es wird im Rahmen dieser Studie angenommen, dass mit dem Bau einer Aufbereitungsanlage immer auch Leitungsbauten notwendig sind. Dies z. B., um die Aufbereitungsanlage ausserhalb der Schutzzone zu bauen oder eine Transportleitung zum Reservoir zu erstellen, damit das Wasser gezielt gemischt werden kann. Es wird daher angenommen, dass bei jedem Bau einer Aufbereitung, 1 km Leitungsbau notwendig ist. Für die Kosten wird von einem Laufmeterpreis von 1'000 CHF/m ausgegangen.

Man sieht sowohl bei der granulierten Aktivkohle wie auch bei der Nanofiltration, dass grössere Anlagen pro m^3 verkauftem Wasser günstiger sind. Die Auswirkungen auf den Wasserpreis sind bei der granulierten Aktivkohle am tiefsten. Im Gegensatz zu den anderen Verfahren werden mit den Aktivkohlefiltern nur Spurenstoffe entfernt, während mit den anderen Verfahren auch noch mikrobiologische Verunreinigungen zurückgehalten werden.

Der Energieverbrauch ist höher, je feinporiger die Membrane sind. Für eine Umkehrosmoseanlage mit einer Kapazität von 10'000 m^3/d muss mit einem Energiebedarf von 1.5 Mio. kWh pro Jahr gerechnet werden. Ein typisches Grundwasserpumpwerk[34], welches im Schnitt 1'000 m^3/d fördert, verbraucht im Jahr ungefähr 160'000 kWh. Als Vergleich: der durchschnittliche Schweizer Haushalt verbraucht pro Jahr 5'000 kWh[35].

5.2 Seewasserwerke

Rund 20 % des Trinkwassers wird aus Seewasser gewonnen. Die meisten der Schweizer Seen weisen Konzentrationen an Chlorothalonil-Metaboliten unter 0.1 µg/L auf. Seewasserwerke an diesen Seen müssen aufgrund der Chlorothalonil-Problematik keine zusätzlichen Massnahmen ergreifen. Betroffen von höheren Konzentrationen sind folgende Seen mit Seewasserwerken: Bielersee, Neuenburgersee, Murtensee und Sempachersee. Beim Seewasserwerk Ipsach in Biel ist eine neue Aufbereitungsanlage in Bau, bei welcher die PSM-Rückstände mit Umkehrosmose entfernt werden. Weiter sind fünf Seewasserwerke am Neuenburgersee (Neuchâtel, Yverdon-les-Bains, Estavayer-le-Lac, Portalban und Cudrefin) und eines am Murtensee (Murten) betroffen. Diese müssten ihre Aufbereitungskette z. B. mit Aktivkohlefilter erweitern, um zukünftig Chlorothalonil-Metaboliten effektiv entfernen zu können. Das Seewasserwerk Sempach am Sempachersee hat den Betrieb bereits so umgestellt, dass der Aktivkohlefilter neu für die Entfernung von Chlorothalonil-Metaboliten genutzt werden kann.

5.3 Umsetzungsdauer

Bei der Umsetzungsdauer werden alle Verfahren als gleichwertig bewertet. Die Wahl des Verfahrens hat keinen massgebenden Einfluss auf die Umsetzungsdauer, alle Verfahren sind entwickelt und können von Ausrüstern geliefert werden. Die Umsetzungsdauer hängt im Einzelfall

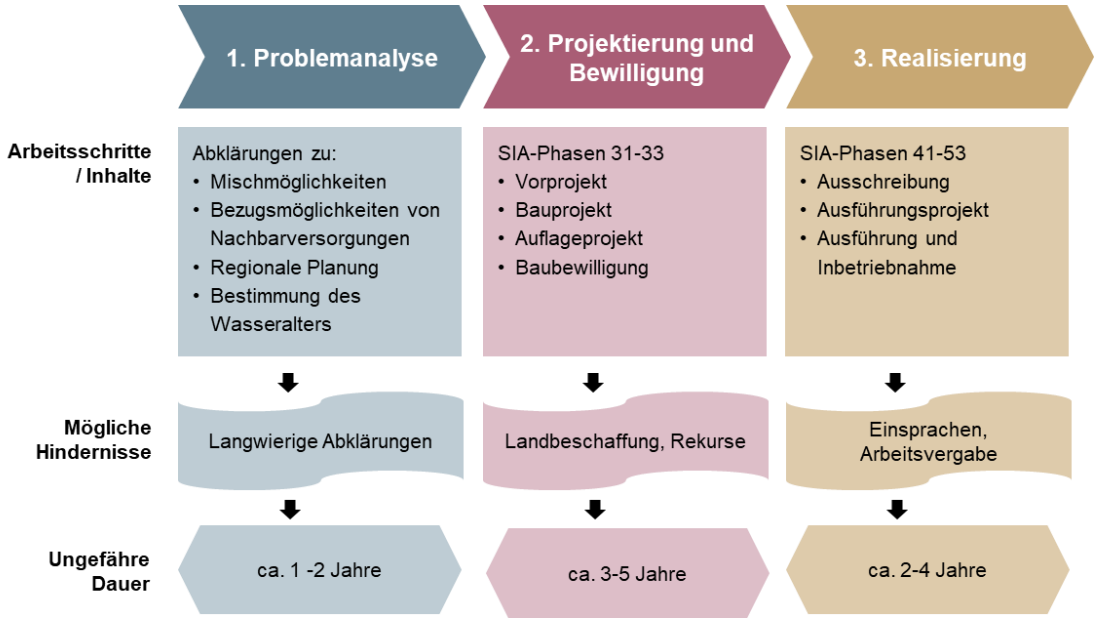
[34] Annahme: Förderhöhe 100 m, Gesamtwirkungsgrad (Pumpe und Motor): 65%.

[35] EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE (2021), Stromverbrauch eines typischen Haushalts

stark von den lokalen Gegebenheiten und möglichen Einsprachen, sonstigen rechtlichen Hindernissen oder der Finanzierung ab, die Wahl des Verfahrens ist hierbei zweitrangig.

Die Umsetzungsdauer von 5-15 Jahre beinhaltet den Zeitraum von der Problemerkennung bis zur Inbetriebnahme der Anlage (Problemanalyse, Auslegeordnung und Beurteilung aller möglichen Lösungen, Projektierung, Bewilligung, Bau und Inbetriebnahme). Die Aufbereitungsanlagen müssten grösstenteils in der Nähe der Fassungen gebaut werden, diese liegen selten in Bauzonen. Der Bewilligungsprozess ist aufwendig und wird einige Monate in Anspruch nehmen. Es muss auch damit gerechnet werden, dass in den meisten Fällen ein zusätzliches Gebäude für die Aufbereitung notwendig ist. Ein Beispiel: Für eine kleine Anlage mit granulierten Aktivkohlefiltern ist mit einem ungefähren Flächenbedarf von 60 m^2 bei einer Raumhöhe von 3.5 m zu rechnen. Typische Pumpgebäude für diese Grössenordnung haben eine Grundfläche von 20-30 m^2. Die Aufbereitung führt also zu einer relevanten Vergrösserung des Gebäudevolumens. Zurzeit gibt es in Bezug auf die Behandlung von Chlorothalonil-Metaboliten noch eine grosse Rechtsunsicherheit, welche die Bewilligungsverfahren verzögern kann (z. B. durch Einsprachen, ungelöste Probleme mit der Entsorgung von Abwässern bei gewissen Verfahren). Zusammenfassend sehen wir die folgenden Schritte mit den jeweiligen möglichen Hindernissen bis zur Inbetriebnahme einer Aufbereitungsanlage:

Abbildung 5-2: Umsetzungsschritte und Hindernisse



Quelle: Eigene Abbildung

1. Problemanalyse und Auslegeordnung der möglichen Lösungen

Dies umfasst Abklärungen zu Mischmöglichkeiten, Bezugsmöglichkeiten von Nachbarversorgungen oder Gruppenwasserversorgungen inklusive regionaler Planungen und Bestimmung

des Wasseralters. Mögliche Hindernisse dabei sind langwierige Abklärungen. Im Einzelfall kann diese Phase auch länger als die angegebenen 1-2 Jahre dauern.

2. Projektierung und Bewilligungsverfahren

Dies umfasst die SIA-Phasen[36] 31-33 (Vorprojekt bis Auflageprojekt). Es ist davon auszugehen, dass die Aufbereitungsanlagen meist ausserhalb von Bauzonen zu stehen kommen würden und daher mit erhöhten Auflagen konfrontiert sind. Mögliche Hindernisse und Verzögerungen können durch Rekurse oder die Finanzierung, insbesondere bei regionalen Anlagen entstehen. Die Dauer dieser Phase wird auf 3-5 Jahre geschätzt, im Einzelfall, insbesondere bei Einsprachen, auch deutlich länger möglich.

3. Realisierung

Dies umfasst die SIA-Phasen 41-53 (Ausschreibung, Ausführungsprojekt, Ausführung und Inbetriebnahme). Mögliche Hindernisse dabei sind Einsprachen und die Arbeitsvergabe. Die ungefähre Dauer wird auf 2-4 Jahre geschätzt.

5.4 Zwischenfazit Aufbereitungsverfahren

Bei der Entscheidung, ob eine Aufbereitung in Frage kommt, ist eine Prognose der natürliche Konzentrationsabnahme der Chlorothalonil-Metaboliten aus dem Grundwasser unbedingt zu berücksichtigen. Anhand der Grundwasserneubildungsrate und der Umsetzungsdauer kann abgeschätzt werden, ob und für wie viele Jahre die Problematik zum Zeitpunkt der geplanten Inbetriebnahme noch besteht. Entsprechend muss auch die Amortisierung der Anlage über die verbleibenden Jahre mit erhöhten Konzentrationen gerechnet werden. Die Bestimmung des Grundwasseralters ist daher eine zentrale, zwingend notwendige Abklärung vor der Planung von Aufbereitungsanlagen.

In Einzelfällen könnten auch provisorische Installationen prüfenswert sein. Solche Containerlösungen an Stelle von fixen Gebäuden könnten gewisse Kosteneinsparungen bringen. In Bezug auf die Ausrüstung, Dimensionierung und die Bewilligungsverfahren unterscheiden sie sich aber kaum.

Das geeignete Verfahren muss je nach lokalen Gegebenheiten und Möglichkeiten (gibt es einen ARA-Anschluss, Platzverhältnisse, etc.), Rohwasserqualität und Aufbereitungsmenge gewählt werden. Jedes der betrachteten Verfahren bietet Vor- und Nachteile, welche je nach lokalen Gegebenheiten stärker ins Gewicht fallen. Granulierte Aktivkohlefilter sind aufgrund der Einfachheit auch für kleinere Versorgungen und Aufbereitungsmengen geeignet. Nicht geeignet sind sie jedoch, wenn die Höchstwerte stark überschritten sind.

Pulveraktivkohle kombiniert mit Ultrafiltration ist komplexer im Betrieb und Unterhalt und daher nur bedingt für kleine Versorgungen geeignet. Mit diesem Verfahren kann flexibel auf

[36] SIA 103:2020: Ordnung für Leistungen und Honorare der Bauingenieurinnen und Bauingenieure.

wechselnde Rohwasserqualität reagiert werden und es werden neben Spurenstoffen auch Trübung und mikrobiologische Verunreinigungen entfernt.

Nanofiltration und Umkehrosmose sind vergleichbar vom Kontext, wo sie eingesetzt werden können. Beide Verfahren sind aufgrund der benötigten Membranreinigung mit Chemikalien und der Entsorgung des Konzentrates komplex, benötigen einen Kanalisationsanschluss und sind energieintensiv. Diese Verfahren sind dafür sehr effektiv in der Elimination von Spurenstoffen und auch einer grossen Bandbreite von Spurenstoffen (inkl. PFAS), falls die Verfahren im Vollstrom eingesetzt werden. Die Verfahren können je nach lokalen Gegebenheiten auch im Teilstrom eingesetzt werden. Für die vereinfachte Betrachtung im Rahmen dieser Studie wurde der Betrieb im Vollstrom betrachtet. Beide Verfahren sind nur für grössere Aufbereitungsmengen und mittelgrosse bis grosse Wasserversorgungen geeignet. Bei beiden Verfahren (v.a. bei der Umkehrosmose) muss ein relevanter Teil des Rohwassers als Konzentrat entsorgt werden. Bei der Umkehrosmose ist der Energiebedarf nochmals deutlich höher als bei der Nanofiltration. Aus diesen Gründen schlagen wir vor, bei hohen Konzentrationen von einem Einsatz von Nanofiltration auszugehen und nicht Umkehrosmose.

Für die nachfolgenden Betrachtungen und die Umsetzungsvarianten wird davon ausgegangen, dass bei einer allfällig umzusetzenden Aufbereitungsanlage die in Tabelle 5-3 aufgeführten Verfahren zur Anwendung kommen. Ihre Eignung hängt einerseits von der Konzentration (Rohwasserqualität) und andererseits von der Grösse (Menge des aufzubereitenden Grundwassers) ab. Bei kleinen Anlagen darf der Betrieb nicht komplex sein, weshalb komplexeren Verfahren wie z. B. Pulveraktivkohle kombiniert mit Ultrafiltration nicht vorgeschlagen werden. Für grössere Versorgungen schlagen wir für niedrige Konzentrationen granulierte Aktivkohlefiltration oder Pulveraktivkohlefiltration mit Ultrafiltration und für höhere Konzentrationen Nanofiltration vor. Die Grenze, ab welcher Konzentration welches Verfahren eingesetzt wird, kann nicht scharf definiert werden und hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab (weitere Inhaltsstoffe im Rohwasser, Möglichkeiten zum Mischen etc.). Im Rahmen dieser Studie setzen wir die Grenze bei 0.5 µg/L. Welches Verfahren geeignet ist, muss jedoch im Einzelfall anhand von spezifischen Gegebenheiten geprüft werden. Bei einer Umsetzungsvariante mit breiter Elimination von PSM-Metaboliten und PFAS ist auch der Einsatz der Umkehrosmose denkbar, z. B. für Konzentrationen im Bereich von 0.1-0.5 µg/L.

Tabelle 5-3: Angenommene Verfahren nach Konzentration und Grösse der Anlage

Konzentration der Chlorothalonil-Metaboliten	Menge an gefördertem Grundwasser		
	< 1'000 m^3/d	1'000-10'000 m^3/d	> 10'000 m^3/d
0.1-0.5 µg/L	Granulierte Aktivkohlefilter	Granulierte Aktivkohlefilter oder Pulveraktivkohle mit Ultrafiltration	Granulierte Aktivkohlefilter oder Pulveraktivkohle mit Ultrafiltration
> 0.5 µg/L	Nanofiltration	Nanofiltration	Nanofiltration

Quelle: Eigene Abbildung

6 Umsetzungsvarianten

Um die Bevölkerung so rasch wie möglich vor Höchstwertüberschreitungen von Chlorothalonil-Metaboliten im Trinkwasser zu schützen, sind in erster Priorität Massnahmen zu ergreifen, die keine grossen baulichen Eingriffe erfordern, wie z. B. das Mischen. Viele Wasserversorger haben dies bereits getan. Im Hinblick auf weitere verunreinigende Stoffe sind Massnahmen des Ressourcenschutzes prioritär, zur Sanierung der Altlastenproblematik beim Chlorothalonil kommen sie jedoch zu spät. Wie die Chlorothalonil-Problematik am besten gelöst wird, ist vorab eine Frage der Verhältnismässigkeit, daher der Einschätzung von Nutzen und Kosten der Massnahmen. Für die Umsetzungsvarianten stehen somit die Fragen im Zentrum:

- *Wie viele Wasserversorgungen bauen Aufbereitungsanlagen und Leitungen?*
- *Welche Kosten sind damit verbunden?*

Im Sinne von Vorschlägen werden in diesem Kapitel vier Varianten vorgestellt. In den Abschnitten 6.1 bis 6.4 werden die einzelnen Varianten definiert und grobe Abschätzungen zu den betroffenen Wasserversorgungen und den Kosten vorgenommen. Der Fokus der Varianten liegt dabei auf einer möglichst raschen Absenkung der Konzentrationen im Trinkwassernetz unter der Berücksichtigung der Machbarkeit, Verhältnismässigkeit und des Vorsorgeprinzips. Die generelle Verbesserung des vorsorglichen Trinkwasserschutzes, insbesondere die Massnahmen im Zusammenhang mit der Umsetzung der Motion 20.3625 Zanetti sind nicht Gegenstand dieser Varianten. Für Chlorothalonil wurden zwei Varianten im engeren Sinne (siehe blaue Felder in Abbildung 6-1) sowie eine illustrative Variante definiert. Zusätzlich wird eine Variante für PFAS definiert, welche aber weniger detailliert betrachtet wird.

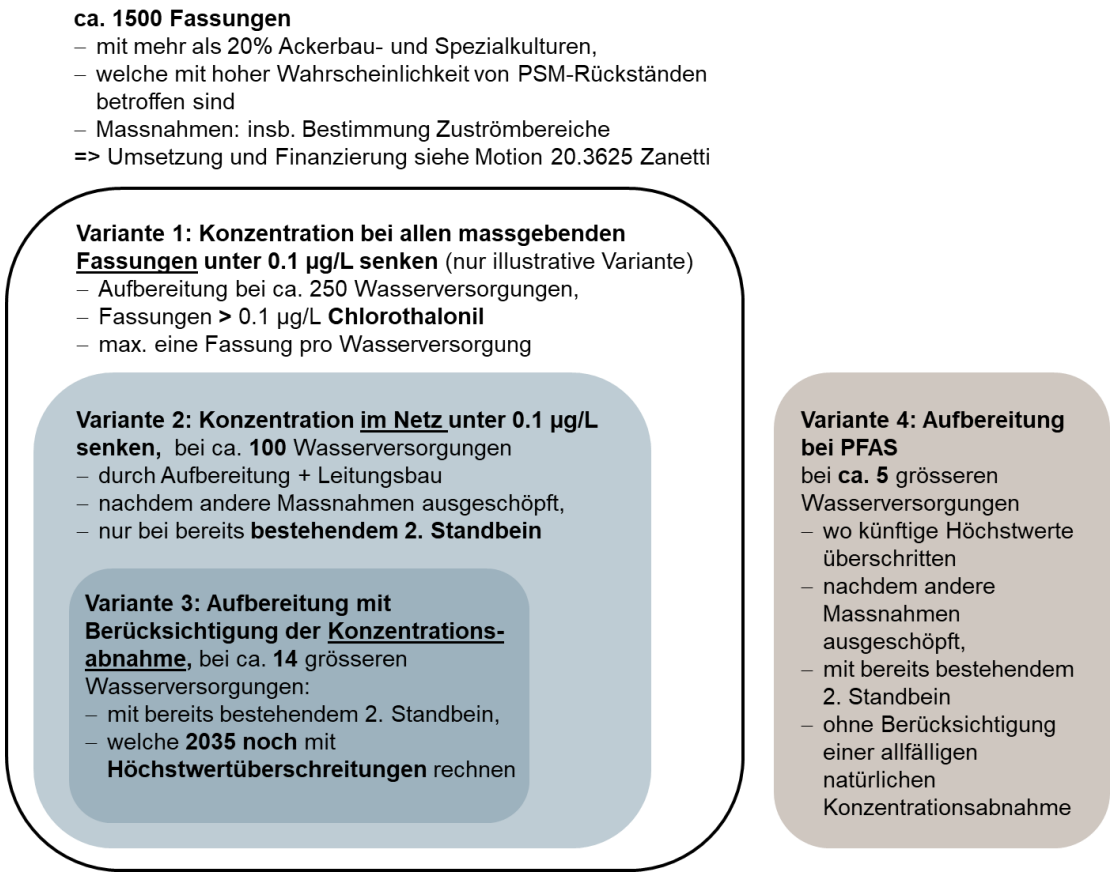
In der **illustrativen Variante 1** werden bei allen von Höchstwertüberschreitungen betroffenen und aus Sicht der Versorgungssicherheit massgebenden Fassungen Aufbereitungsanlagen und Leitungen gebaut. Diese Variante ist somit theoretischer Natur und nach Auffassung des Projektteams nicht sinnvoll, da die anderen möglichen Massnahmen gemäss Kapitel 4 nicht ausgeschöpft werden.

Ziel der **Varianten 2 und 3** ist es, die **Konzentrationen von Chlorothalonil-Metaboliten im Trinkwassernetz so schnell wie möglich unter 0.1 µg/L** zu senken. Aufbereitungsanlagen und zusätzliche Leitungen werden jedoch nur erstellt, wenn alle anderen Möglichkeiten (siehe Kapitel 4) ausgeschöpft sind und die entsprechenden (in der Regel grösseren) Wasserversorgungen dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Die Varianten 2 und 3 betreffen somit nur eine Teilmenge der Wasserversorgungen aus Variante 1. Der Unterschied zwischen den Varianten 2 und 3 besteht darin, dass in Variante 3 die Hinweise zur natürlichen Konzentrationsabnahme (gemäss Kapitel 3) in den Investitionsentscheidungen mitberücksichtigt werden. Somit werden in Variante 3 deutlich weniger Wasserversorgungen eine Aufbereitungsanlage errichten als in Variante 2.

Die Variante 4 beinhaltet die Trinkwasseraufbereitung bei **PFAS-Belastungen**, wobei sich die Abschätzung auf die in der EU (und voraussichtlich zukünftig auch in der Schweiz) geltenden Höchstwertüberschreitungen bezieht. Da die PFAS-Höchstwerte im Gegensatz zu Chlorothalonil-Metaboliten oftmals im Nicht-Landwirtschaftsgebiet auftreten, ist davon auszugehen, dass

diese Aufbereitungsanlagen andere Wasserversorgungen betreffen. Variante 4 ist daher zusätzlich zu den Varianten 1-3 zu betrachten (siehe braunes Feld in Abbildung 6-1).

Abbildung 6-1: Vier Umsetzungsvarianten in Relation zu den Anzahl Fassungen im landwirtschaftlich geprägten Gebiet.



Quelle: Eigene Abbildung

Hinweis: Herleitung der Anzahl betroffenen Fassungen in Tabelle E-1 (Anhang E)

6.1 Variante 1: Konzentration bei allen massgebenden Fassungen < 0.1 µg/L

Ziel	Bei allen von Höchstwertüberschreitungen betroffenen und aus Sicht der Versorgungssicherheit massgebenden Fassungen werden Aufbereitungsmassnahmen ergriffen.
Wichtigste Annahmen, Eckpunkte	– Alle Wasserversorgungen, die bei einer massgebenden Fassung von Höchstwertüberschreitungen (0.1 µg/L) von Chlorothalonil-Metaboliten betroffen sind, ergreifen Aufbereitungsmassnahmen, inkl. dazugehörigem Leitungsbau – Nur bei massgebenden Fassungen aus Sicht der Versorgungssicherheit. Annahme dazu: maximal eine massgebende Fassung pro Wasserversorgung, ungefähre Mindestgrösse damit ca. 150 m^3/d – Pro Wasserversorgung max. eine massgebende Fassung – Weitere Annahmen zur Abschätzung der Anzahl betroffener Fassungen siehe Anhang E
Betroffene Gebiete	Rund **250 Wasserversorger**
Welche Massnahmen werden ergriffen?	– Aufbereitungsanlagen; Verfahren: granulierte Aktivkohlefilter oder Nanofiltration – Dazugehöriger Leitungsbau
Interpretation, Einschränkungen der Kostenschätzung	Die Kosten wurden anhand der spezifischen Kosten für den Bau und Betrieb der Aufbereitungsanlage mit zusätzlich 1 km Leitungsbau pro Aufbereitungsanlage abgeschätzt (vgl. dazu die Tabelle 5-1). Es handelt sich hier um eine grobe Einschätzung der gesamten Kosten. Für einzelne Anlagen können die Kosten stark variieren, insbesondere je nach Standort der Aufbereitungsanlage im näheren oder weiteren Umfeld der Fassung. Die Kostenschätzung dieser Variante ist eher theoretischer Natur und beantwortet folgende Fragen: – «*Wie viel würde es Kosten, alle betroffenen Wasserversorgungen mit Aufbereitungsanlagen und Vernetzung auszurüsten.*» – *Oder im Sinne eines Opportunitätsansatzes: «Für wie viele CHF können Massnahmen gemäss Priorität aus Kapitel 4 ergriffen werden, anstatt sie in Aufbereitungsanlagen zu investieren»*
Gesamtkosten	– Investitionskosten: **818 Mio. CHF** – Jährliche Pro-Kopf-Durchschnittskosten[37] über die ganze Schweiz: **8 CHF/Kopf, Jahr** – Jährliche Pro-Kopf-Durchschnittskosten in den betroffenen Gebieten: **28 CHF/Kopf, Jahr** – Jährliche, durchschnittliche Erhöhung der Trinkwasserrechnung einer 4-köpfigen Familie in den betroffenen Gebieten: **67 CHF/Haushalt, Jahr**
Umsetzungsdauer	– Umsetzung ca. bis 2040 abgeschlossen – Im Einzelfall grosse Unterschiede (siehe 5.3)

Interpretation und Beurteilung der Variante 1

Bei dieser Variante handelt es sich um eine **rein illustrative Variante**, welche einzig auf die nicht priorisierte Aufbereitung setzt und andere, sinnvollere Massnahmen noch nicht berücksichtigt. Diese theoretische Variante zeigt, wie hoch die Kosten wären, wenn alle massgebenden Fassungen mit Konzentration über 0.1 µg/L mit Aufbereitungsanlagen ausgerüstet würden.

Weiter würde die Umsetzung dieser Variante im Vergleich der zur erwartenden natürlichen Konzentrationsabnahme bei einem Grossteil der Wasserversorgungen zu lange dauern. Bei einem Teil der Wasserversorger würden also die kostenintensiven Massnahmen ihre Wirkung erst entfalten, wenn sich das Chlorothalonil-Problem aufgrund der natürlichen Konzentrationsabnahme bereits grösstenteils gelöst hat. Dem für die meisten Wasserversorger beschränkten Nutzen stehen hohe Kosten gegenüber.

[37] In der Kennzahl „Pro-Kopf-Durchschnittkosten“ sind nicht nur die Kosten für die Haushalte, sondern auch die Kosten für Landwirtschaft, Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen subsummiert.

6.2 Variante 2: Konzentration im Netz < 0.1 µg/L

Ziel	Der Höchstwert im Trinkwassernetz soll so rasch wie möglich erreicht werden. Aufbereitungsanlagen werden aber nur bei einem Teil der betroffenen Wasserversorgungen erstellt und nach dem alle anderen, höher priorisierte Massnahmen (vgl. Kapitel 4) ergriffen wurden.
Wichtigste Annahmen, Eckpunkte	In dieser Variante 2 werden im Vergleich zur Variante 1 nur dann Aufbereitungsanlagen und zusätzliche Leitungen erstellt, **wenn alle anderen Möglichkeiten (siehe Kapitel 4) ausgeschöpft sind**. Dadurch reduziert sich die Anzahl an Wasserversorgungen. Folgende Annahmen wurden für die Variante 2 getroffen: – **Aktueller Stand der Technik**: Nur bei Wasserversorgungen, welche dem Stand der Technik gemäss Vorgaben des SVGW entsprechen und somit insbesondere bereits über ein **zweites unabhängiges Standbein** verfügen, gibt es einen klaren ursächlichen Zusammenhang mit allfälligem nötigen Leitungsbau oder Aufbereitungsanlagen aufgrund von Chlorothalonil. Versorgungen ohne zweites unabhängiges Standbein werden nicht berücksichtigt, weil sie mit der Erstellung eines zweiten Standbeines evtl. die Chlorothalonil-Problematik bereits lösen können. – Von den in Variante 1 identifizierten Wasserversorgungen brauchen vor allem die grossen Anlagen und nur ein geringer Teil der kleinen Versorgungen Massnahmen (konkrete Annahmen siehe Anhang E). – Das daraus folgende Mengengerüst wurde mit genaueren Angaben aus den Kantonen Zürich, Bern und Waadt plausibilisiert und deckt sich gut damit (siehe Anhang B).
Betroffene Gebiete	Rund **100 Wasserversorger**
Welche Massnahmen werden ergriffen?	– Aufbereitungsanlagen; Verfahren: granulierte Aktivkohlefilter oder Nanofiltration – Leitungsbau
Interpretation, Einschränkungen der Kostenschätzung	– Eine allfällig verkürzte Lebensdauer (schnellere Abschreibung) der Anlagen aufgrund der natürlichen Konzentrationsabnahme (vgl. Variante 3) ist in den Kosten nicht berücksichtigt.
Gesamtkosten	– Investitionskosten: **409 Mio. CHF** – Jährliche Pro-Kopf-Durchschnittskosten über die ganze Schweiz: **6 CHF/Kopf, Jahr** – Jährliche Pro-Kopf-Durchschnittskosten in den betroffenen Gebieten: **25 CHF/Kopf, Jahr** – Jährliche, durchschnittliche Erhöhung der Trinkwasserrechnung einer 4-köpfigen Familie in den betroffenen Gebieten: **61 CHF/Haushalt, Jahr**
Umsetzungsdauer	– Umsetzung ca. bis 2040 abgeschlossen, im Einzelfall grosse Unterschiede.

Interpretation und Beurteilung der Variante

Die Variante 2 zeigt eine Grössenordnung auf, bei wie vielen Wasserversorgungen aus heutiger Sicht eine Trinkwasseraufbereitung aufgrund der Höchstwertüberschreitungen beim Chlorothalonil in Frage kommt. Dies unter Berücksichtigung der Grösse der Wasserversorgungen und wichtigen Stossrichtungen zur Verbesserung der Versorgungssicherheit (zweites Standbein, regionale Vernetzung). Allerdings wird dabei die **natürliche Konzentrationsabnahme nicht berücksichtigt**. Geht man von den Konzentrationsabnahmen gemäss Kapitel 3 aus, sind kostenintensive Massnahmen (darunter fallen regionale Vernetzung, Aufbereitung usw.) nur bei einem Bruchteil der abgeschätzten Wasserversorgungen sinnvoll (siehe dazu Variante 3).

6.3 Variante 3: Aufbereitung unter Berücksichtigung der natürlichen Konzentrationsabnahme

Ziel	Die eine Prognose der natürliche Konzentrationsabnahme der Chlorothalonil-Metaboliten wird im Investitionsentscheid berücksichtigt. Aufbereitungsanlagen werden nur dann erstellt, wenn auch nach 15 Jahren nach Verbot[38] (somit ungefähr 2035) noch mit Höchstwertüberschreitungen zu rechnen ist.
Wichtigste Annahmen, Eckpunkte	– Die Erstellung von Aufbereitungsanlagen dauert mindestens 5-10 Jahre (siehe Abschnitt 5.3). Daher sind Aufbereitungsanlagen nur dann sinnvoll, wenn eine Verunreinigung deutlich über diesen Zeitraum hinaus besteht. – Gemäss dem Bericht der Plattform Grundwasserschutz[39] ist bei einem Grossteil der heute betroffenen Fassungen mit einer natürlichen Konzentrationsabnahme innerhalb von 15 Jahre nach Verbot zu rechnen, teilweise auch deutlich schneller (siehe Kapitel 3). – Insbesondere bei flussfernen Brunnenfassungen und Fassungen in Karst- und Kluftgebieten ist teilweise mit einer längeren Konzentrationsabnahme zu rechnen. ➔ Folgerungen daraus für die quantitativen Annahmen: – 20 % der Anlagen mit Höchstwertüberschreitungen > 0.5 µg/L aus Variante 2 – 10 % der Anlagen mit Höchstwertüberschreitungen > 0.1 µg/L aus Variante 2 – Aufgrund der natürlichen Konzentrationsabnahme muss von einer reduzierten Lebensdauer der Anlagen ausgegangen werden. Zur Kostenberechnung wurde von einer Lebensdauer (bzw. Abschreibung) von maximal 20 Jahren ausgegangen (statt wie bei den vorgängigen Varianten 1 und 2 von maximal 50 Jahren))
Betroffene Gebiete	Rund **14 Wasserversorger**
Welche Massnahmen werden ergriffen?	analog zu Variante 2
Mit welchen Aufbereitungsverfahren?	analog zu Variante 2
Interpretation, Einschränkungen der Kostenschätzung	Siehe obige Annahmen und generelle Unsicherheiten in Daten und Methoden (siehe Anhänge)
Gesamtkosten	– Investitionskosten: **54 Mio. CHF** – Jährliche Pro-Kopf-Durchschnittskosten über die ganze Schweiz: **1 CHF/Kopf, Jahr** – Jährliche Pro-Kopf-Durchschnittskosten in den betroffenen Gebieten: **30 CHF/Kopf, Jahr** – Jährliche, durchschnittliche Erhöhung der Trinkwasserrechnung einer 4-köpfigen Familie in den betroffenen Gebieten: **74 CHF/Haushalt, Jahr**
Umsetzungsdauer	Umsetzung bis ca. 2035 abgeschlossen (5 Jahre ab Verbot bis zum Entscheid des Bundesverwaltungsgerichts + 5-10 Jahre Umsetzung im Einzelfall)

Interpretation und Beurteilung der Variante

Die Variante 3 zeigt, dass eine Aufbereitung des Trinkwassers aufgrund der Chlorothalonil-Problematik nur in Einzelfällen sinnvoll ist, dies unter den Annahmen, dass von einer natürlichen Konzentrationsabnahme gemäss dem Bericht der Plattform Grundwasserschutz[39] auszugehen ist.

[38] Die Verwendung von Chlorothalonil wurde per 01.01.2020 verboten: https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/services/medienmitteilungen.msg-id-77491.html

[39] Plattform Grundwasserschutz (2023). Grundlagen für die Beantwortung des Postulats 20.4087.

6.4 Variante 4: Aufbereitung bei PFAS

Ziel	Um die voraussichtlich in der Schweiz in der Zukunft geltenden Höchstwerte für PFAS im Trinkwasser überall einhalten zu können, werden wo nötig Aufbereitungsanlagen erstellt. Dies als letzte Möglichkeit (Ultima Ratio), wenn keine anderen Massnahmen gemäss Kapitel 4 zielführend sind.
Wichtigste Annahmen, Eckpunkte	– Nur einzelne Wasserversorgungen in der Schweiz sind gemäss der NAQUA-Pilotstudie zu PFAS sowie der Kampagne der VKCS zu Trinkwasser von Überschreitungen der Höchstwerte betroffen (siehe auch Kapitel 3). – Annahme für Höchstwert: Höchstwert EU (Summe 20 PFAS) gilt zukünftig auch für die Schweiz – In einigen Fällen lässt sich die Konzentration im Netz durch Massnahmen gemäss Kapitel 2 (insbesondere Mischen) unter die Höchstwerte reduzieren. Nicht alle betroffenen Wasserversorgungen müssen somit aufbereiten. -> quantitative Annahme: Reduktion um denselben Anteil wie bei Chlorothalonil (Faktor zwischen Variante 1 und 2) – Aufgrund der vielen noch offenen Forschungsfragen bezüglich des Verhaltens der PFAS in der Umwelt gehen wir für diese Variante davon aus, dass sich die Höchstwertüberschreitungen nicht durch eine natürliche Konzentrationsabnahme löst. – Anderer Verfahrensmix als bei Chlorothalonil: v.a. granulierte Aktivkohle (bei kleinen Anlagen) und Umkehrosmose (bei grossen Anlagen) und damit auf breite Elimination auch von weiteren Spurenstoffen ausgerichtet.
Betroffene Gebiete	Rund **5 Wasserversorger**
Welche Massnahmen werden ergriffen?	Aufbereitungsanlagen (granulierte Aktivkohle für kleine Anlagen und Umkehrosmose für grosse Anlagen) + Leitungsbau
Interpretation, Einschränkungen der Kostenschätzung	Generelle Unsicherheiten in Daten und Methoden (siehe Anhänge)
Gesamtkosten	– Investitionskosten: **25 Mio. CHF** – Jährliche Pro-Kopf-Durchschnittskosten über die ganze Schweiz: **2 CHF/Kopf, Jahr** – Jährliche Pro-Kopf-Durchschnittskosten in den betroffenen Gebieten: **47 CHF/Kopf, Jahr** – Jährliche, durchschnittliche Erhöhung der Trinkwasserrechnung einer 4-köpfigen Familie in den betroffenen Gebieten: **115 CHF/Haushalt, Jahr**
Umsetzungsdauer	– Umsetzung bis ca. 2035 grundsätzlich machbar

Interpretation und Beurteilung der Variante

Die Variante 4 zeigt, dass zusätzlich zu den Chlorothalonil-Aufbereitungsanlagen (Variante 2 oder 3) vermutlich auch einzelne Anlagen zur Aufbereitung aufgrund der PFAS-Problematik nötig sind. Die Anlagen können unabhängig voneinander angegangen werden, da in der Regel keine überlappenden Belastungen dieser Stoffe zu erwarten sind. Die Anzahl der Anlagen bei PFAS ist vermutlich etwas tiefer oder in einer ähnlichen Grössenordnung wie bei Variante 3 für Chlorothalonil.

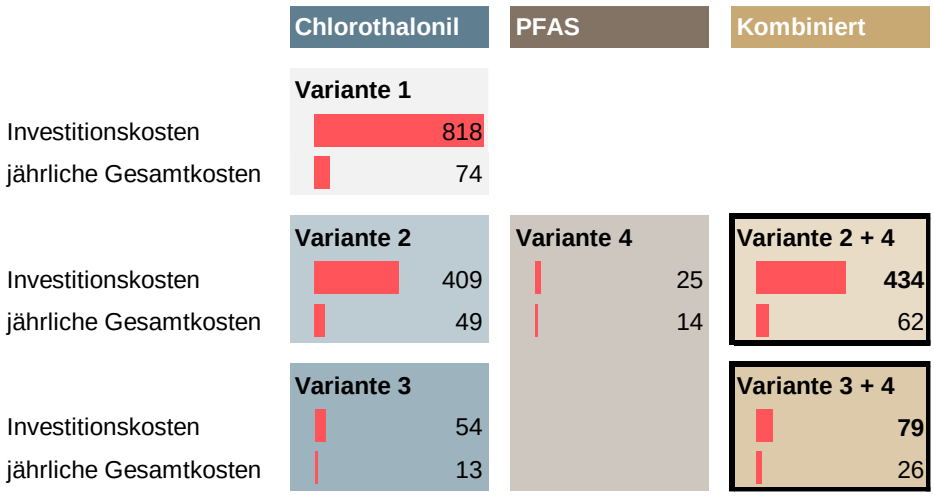
7 Finanzierungsmodelle

7.1 Die Kosten der Aufbereitung

Gesamtkosten

Wie in Kapitel 6 bereits angedeutet, unterscheiden sich die anfallenden Kosten je nach Umsetzungsvariante stark. Abbildung 7-1 fasst die Kostenschätzungen nach Variante zusammen, wobei jeweils die einmaligen Investitionskosten sowie die jährlichen Gesamtkosten (Kapital- und Betriebskosten) ausgewiesen werden. Da die Chlorothalonil-Problematik räumlich weitgehend unabhängig von der PFAS-Problematik auftritt, sind die Kosten der Variante 4 kumulativ zu einer der Varianten bei Chlorothalonil zu verstehen. Zudem stehen zur Sanierung der Chlorothalonil-Problematik im engeren Sinne (ohne vorsorgliche Massnahmen bezüglich künftiger Spurenstoffe) vor allem die Varianten 2 und 3 zur Diskussion, während die Variante 1 rein theoretischer Natur ist (siehe 6.1). Für die nachfolgende Diskussion möglicher Finanzierungsmodelle stehen somit die Kosten der Kombivarianten 2+4 und 3+4 im Zentrum, wobei die Kombivariante 3+4 im Vordergrund steht, da hier die Prognose der natürlichen Konzentrationsabnahme der Chlorothalonil-Metaboliten berücksichtigt ist.

Abbildung 7-1: Übersicht der schweizweiten Kosten für die verschiedenen Varianten und Kombivarianten
[Investitionskosten in Mio. CHF. Jährliche Gesamtkosten in Mio. CHF/Jahr]



Quelle: Eigene Berechnungen.

Legende: Investitionskosten = Investitionskosten für Aufbereitung und Leitungsbau gemäss Tabelle D-1
Jährliche Gesamtkosten = Kapitalkosten für Aufbereitung und Leitungsbau sowie Betriebs-, und Unterhaltskosten, entspricht den Totalkosten inkl. Leitungsbau gemäss Tabelle D-1.

Herleitung: Die in der Tabelle D-1 dargestellten Investitions- und jährlichen Gesamtkosten für die einzelnen Aufbereitungsverfahren (Wertgerüst) wurde multipliziert mit dem je nach Variante unterschiedlichen Mix der Aufbereitungsverfahren gemäss Tabelle E-1.

Würden in der rein illustrativen **Variante 1** bei allen Wasserversorgern, die eine für ihr Versorgungsgebiet massgebliche Fassung mit einer Konzentration von mehr als 0.1 µg/L aufweisen, Aufbereitungsanlagen gebaut, ergäben sich Investitionskosten von insgesamt 818 Mio. CHF. Die jährlichen Gesamtkosten würden sich auf jährlich 74 Mio. CHF belaufen.

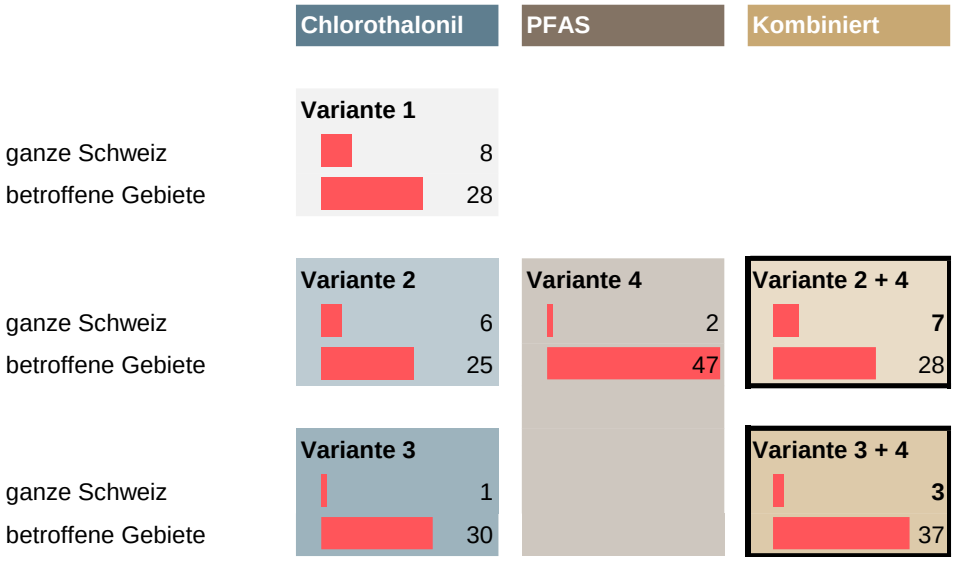
Die Investitionskosten der beiden Kombivarianten liegen zwischen 79 Mio. CHF (**Variante 3+4**) und 434 Mio. CHF (**Variante 2+4**). Berücksichtigt man die natürliche Konzentrationsabnahme für Chlorothalonil-Metaboliten, so sind statt 100 nur noch rund 14 Wasserversorger von kostenintensiven Massnahmen betroffen, dementsprechend sind auch die Investitionskosten deutlich geringer. Auch die Gesamtkosten liegen in der Variante 3 + 4, bei welcher 14 Wasserversorger kostenintensive Massnahmen zu treffen haben, mit 26 Mio. CHF/Jahr[40] unter denjenigen der Variante 2 + 4 mit 62 Mio. CHF/Jahr.

Durchschnittliche Pro-Kopf-Kosten

Werden die gesamten Kosten in Bezug gesetzt zur Bevölkerung ergeben sich die Pro-Kopf-Kosten in Franken pro Jahr. Die untenstehende Abbildung 7-2 zeigt die Pro-Kopf-Kosten, wenn die Kosten in Bezug zur gesamten Schweizer Bevölkerung («ganze Schweiz») und wenn sie nur auf die in den betroffenen Gebieten wohnenden Bevölkerung gesetzt werden («betroffene Gebiete»). In den betroffenen Gebieten betragen die durchschnittlichen Pro-Kopf-Kosten für die vier Varianten zwischen 25 und 47 CHF/Kopf und Jahr. Die hohen durchschnittlichen Pro-Kopf-Kosten in der Variante 4 sind auf die hohen Aufbereitungskosten des zur Eliminierung von PFAS eingesetzten Verfahrens (Umkehrosmose bei grösseren Anlagen) zurückzuführen. Die schweizweiten Pro-Kopf-Kosten betragen für die vier Varianten zwischen 1 und 8 CHF/Kopf und Jahr. In den Varianten, bei denen nur in wenigen Gebieten kostenintensive Massnahmen ergriffen werden (Variante 3, 4 sowie 3+4) ergeben sich entsprechend tiefe Pro-Kopf-Kosten, wenn die Kosten auf die ganze Bevölkerung bezogen werden.

[40] In der Variante 3 erhöhen sich die spezifischen Kapitalkosten, weil aufgrund der Konzentrationsabnahme die Aufbereitungsanlage annahmegemäss nur 20 Jahre betrieben wird.

Abbildung 7-2: Durchschnittliche jährliche Pro-Kopf-Kosten
[CHF/Kopf und Jahr]



Quelle: Eigene Berechnungen.

Herleitung: ganze Schweiz = die jährlichen Gesamtkosten gemäss Abbildung 7-1 werden bezogen auf die ganze Schweizer Bevölkerung (Annahme: rund 8.8 Mio. Einwohnende an öffentlicher Wasserversorgung angeschlossen)
betroffene Gebiete = die jährlichen Gesamtkosten gemäss Abbildung 7-1 werden bezogen auf die Bevölkerung, die an eine von der Aufbereitung betroffenen Wasserversorgung angeschlossen ist.[41]

Hinweis: Bei den obigen jährlichen Pro-Kopf-Kosten handelt es sich um *Durchschnittskosten*. Je nach Wasserversorgung können die Kosten grösser oder kleiner sein. Für kleinere Wasserversorgung dürften die Kosten über diesen Durchschnittskosten, für grössere Wasserversorger unter diesen Durchschnittskosten liegen.

[41] Die Abschätzung der von einer Aufbereitung betroffenen Bevölkerung wurde wie folgt vorgenommen:
(i) Bestimmung der aufbereiteten Wassermenge aufgrund des in den verschiedenen Varianten vorgegeben Mixes von kleineren und grösseren Anlagen. Dabei wurden für die Anlagegrössen-Kategorie folgende konkreten Kapazitäten unterstellt:

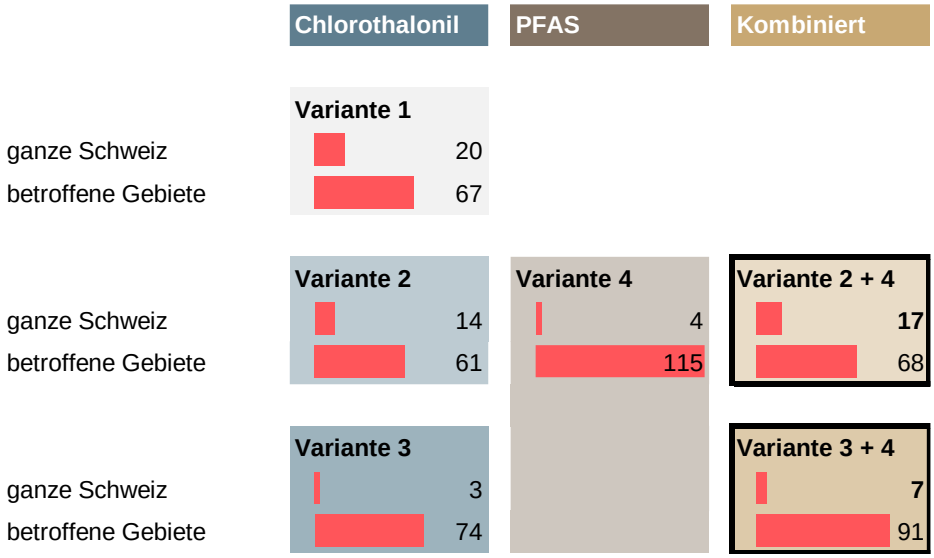
Anlagekategorie	Variante 1 und 2	Variante 3 und 4
< 1'000 m³/d	500 m³/d	550 m³/d
1'000-10'000 m³/d	15'000 m³/d	4'100 m³/d
> 10'000 m³/d	15'000 m³/d	26'700 m³/d

Die Unterschiede zwischen den Varianten erklären sich damit, dass in den Varianten 3 und 4 innerhalb der Anlagegrössen-Kategorien anteilmässig mehr grössere Fassungen mit Aufbereitungsanlagen ausgerüstet werden.
(ii) Weiter wurde angenommen, dass die mit der Aufbereitung ausgerüstete Fassung rund die Hälfte des Wasserbezugs der betroffenen Wasserversorgung deckt.

Auswirkungen auf die Kosten für einen 4-köpfigen Haushalt

Würden die Kosten durch eine entsprechende Erhöhung der Trinkwassertarife überwälzt, so ergeben sich in den betroffenen Gebieten für einen 4-köpfigen Haushalt zusätzliche Belastungen von sehr grob geschätzt[42] 61 (Variante 2) bis 115 CHF/Haushalt und Jahr (Variante 4) (vgl. Abbildung 7-3). Die heutigen Trinkwasserkosten für einen 4-köpfigen Haushalten liegen – je nach Tarif des Wasserversorgers[43] – im Bereich von 290 bis 550 CHF/Haushalt und Jahr.

Abbildung 7-3: Jährlich durchschnittliche Erhöhung der Trinkwasserrechnung für eine 4-köpfige Familie
[CHF/Haushalt und Jahr]



Quelle: Eigene Berechnungen.

Herleitung: Aus den jährlichen Gesamtkosten gemäss Abbildung 7-1 und den aufbereiteten Wassermengen gemäss den Annahmen in Fussnote 41 können die Kosten pro aufbereiteten m^3 bestimmt werden. Unter Annahme eines Wasserverbrauchsanteils für Verluste, Selbstverbrauch und öffentliche Zwecke von 19 % und einem Wasserbezug der Haushalte von 51 m^3/Einwohner und Jahr kann die durchschnittliche Erhöhung der Trinkwasserrechnung für eine 4-köpfige Familie berechnet werden.
ganze Schweiz = durchschnittliche Erhöhung der Trinkwasserrechnung für eine 4-köpfige Familie, sofern die Aufbereitungskosten auf alle Wasserbeziehende der Schweiz verteilt werden.
betroffene Gebiete = durchschnittliche Erhöhung der Trinkwasserrechnung für eine 4-köpfige Familie, sofern die Aufbereitungskosten auf die Wasserbeziehenden, die an eine von der Aufbereitung betroffenen Wasserversorgung angeschlossen sind, verteilt werden.

Hinweis: Bei den obigen Belastungen für eine 4-köpfige Familie handelt es sich um eine *durchschnittliche* zusätzliche Belastung. Je nach Wasserversorgung können die Kosten grösser oder kleiner sein. Für kleinere Wasserversorgung dürfte die Belastung über diesen Durchschnittswerten, für grössere Wasserversorger unter diesen Durchschnittswerten liegen.

---

[42] Die Auswirkungen von kostenintensiven Massnahmen zur Reduktion der Chlorothalonil- oder PFAS-Belastung im Trinkwassernetz auf den Trinkwassertarif wird sich zwischen den verschiedenen Wasserversorgungen stark unterscheiden. Eine grosse Rolle spielt dabei, welchen Anteil bspw. die mit einer Aufbereitungsanlage ausgerüstete Fassung am gesamten Wasserbedarf der Wasserversorgung ausmacht. Wir gehen in unserer illustrativen Berechnung davon aus, dass dieser Anteil bei 50% liegt.

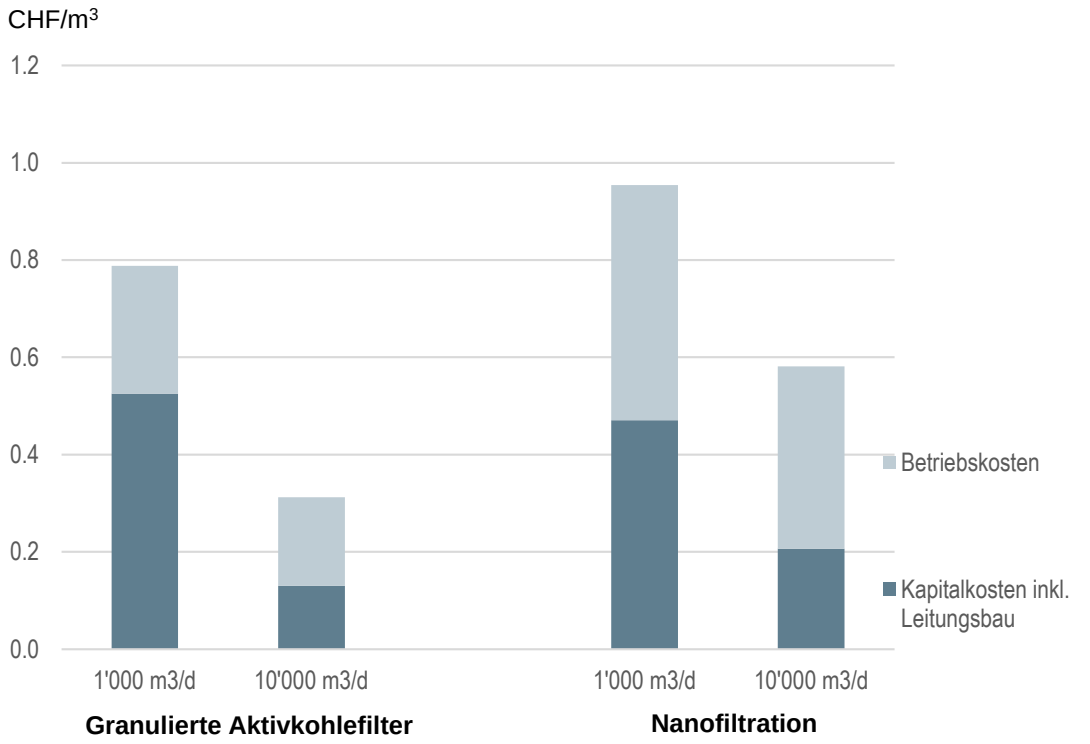
[43] Der Grossteil der Wasserversorger weist einen gesamten Wassertarif – ausgedrückt in CHF/m^3 – von 1.3 bis 2.5 CHF/m^3 auf. Vgl. Preisüberwacher, Gebührenvergleichs-Website, https://www.preisvergleiche.preisueberwacher.admin.ch/?z=5&i=4&c=2&term=bern&name=Bern (abgerufen am 11.10.2023), Werte für niedrigste und höchste 25% bzw. 75% Perzentilwerte für die drei untersuchten Haushaltstypen.

Aufbereitungskosten

Weiter ist zu beachten, dass bei den kleineren Aufbereitungsanlagen (bis 1000 m³/d) deutlich höhere Kosten anfallen. Die höheren Kosten bei den kleinen Anlagen sind dabei vor allem auf die hohen Kapitalkosten zurückzuführen, also letztlich auf die im Vergleich zu grösseren Anlagen (bspw. 10'000 m³/d) höheren spezifischen Investitionskosten.

Wie sich die unterschiedliche Kostenbelastung für eher kleiner Wasserversorger mit kleineren Fassungen und grösseren Wasserversorger mit grösseren Fassungen auf den Trinkwassertarif auswirken, hängt massgeblich davon ab, welchen Anteil die massgebende Fassung, bei welcher eine Aufbereitungsanlage gebaut wird, an den gesamten Wasserbedarf beisteuert. Gehen wir davon aus, dass die massgebende Fassung 50 % an den Wasserbedarf beisteuert, so würde sich der gesamte Wassertarif bei kleinen Wasserversorgern um 20 % bis 45 % erhöhen, müssten sie die Kosten für die Aufbereitungsanlage gänzlich selber tragen. Bei den grösseren Wasserversorgern würde der gesamte Wassertarif unter diesen Annahmen um 10 % bis 25 % zunehmen.

Abbildung 7-4: Vergleich der Aufbereitungskosten von kleinen und grossen Anlagen
(am Beispiel der Kosten für die Variante 2)



Quelle: Eigene Abbildung

Fazit: Chlorothalonil- und PFAS-Problematik: Die schweizweiten Kosten der im Vordergrund stehenden Varianten 3 und 4 sind mit 1 bis 2 CHF/Kopf und Jahr gering. Für die direkt Betroffenen sind die Kosten mit 40 CHF/Kopf und Jahr (Variante 3) bzw. 62 CHF/Kopf und Jahr

(Variante 4) aber spürbar. Grössere Unterschiede in den Kosten gibt es auch zwischen kleineren und grösseren Wasserversorgern. Müssen die kleineren Wasserversorgungen die Kosten selbst tragen, so würde der Wassertarif um 20 % bis 45 % ansteigen, bei den grösseren Wasserversorgern wäre nur mit rund 10 % bis 25 % zu rechnen.

Schweizweit sind die Kosten also gering, für die betroffenen Gebiete wäre aber mit spürbaren Zusatzkosten zu rechnen, sofern sie die Massnahmenkosten selber tragen müssen.

7.2 Grundsätzliche Überlegungen zur Kostentragung

Wer muss die Aufbereitungsanlagen bauen?

Die Chlorothalonil-Problematik hat Analogien zur Altlastenproblematik. Derjenige, der die Aufbereitungsanlage baut, muss nicht zwangsläufig auch die Kosten tragen. Klar ist, dass die Aufbereitungsanlagen nach gewissen Kriterien vom Wasserversorger gebaut und betrieben werden.

Wer müsste die Aufbereitungsanlagen bezahlen?

Das Umweltschutzgesetz (Art. 2 USG) bestimmt, dass der Verursacher die Kosten allfälliger Sanierungsmassnahmen zu tragen hat. Sind mehrere Verursacher beteiligt, so tragen sie die Kosten entsprechend ihren Verursacheranteilen[44]. In vorliegenden Fall kommen mehrere Akteursgruppen als Verursacher in Frage: Einerseits Landwirte, die Chlorothalonil-haltige Pflanzenschutzmittel auf den Feldern ausgebracht haben, anderseits auch Hersteller und Vertreiber solcher Pflanzenschutzmittel sowie die zuständigen Behörden, welche die Zulassung, Anwendung und den Umgang mit Chlorothalonil überwachen und regulieren. An dieser Stelle sei auch erwähnt, dass Verursacher nicht mit Schuldigen gleichzusetzen sind. Während es bei der Schuld (Begriff aus dem Strafrecht) eine persönliche Vorwerfbarkeit einer rechtswidrigen Tat braucht, ist dies bei den Verursachern nicht der Fall. So waren Chlorothalonil-haltige Pflanzenschutzmittel während Jahren zugelassen und somit regelkonform. Wer es ausgetragen hat, ist somit nicht schuldig, aber hat das Problem mit*verursacht*.

Rückwirkend die Verursacheranteile zu bestimmen, ist im vorliegenden Fall kaum möglich. Auch wenn die Verursacheranteile für die drei Akteure – Landwirte, Hersteller und Vertreiber, Behörde – festgelegt werden könnten, wäre bspw. eine Verursacherzuweisung unter den einzelnen Landwirtschaftsbetrieben wohl kaum möglich[45]. Kommt hinzu, dass nicht mehr alle Verursachenden belangt werden könnten[46].

[44] BAFU (2023b), Vollzugshilfe für die Bestimmung der Realleistungs-, Kostentragungs- und Sicherstellungspflichten nach dem Altlastenrecht.

[45] Kausalketten sind im Grundsatz klar, aber wer wie viel, über welche Zeitdauer schlussendlich zur erhöhten Konzentration an der Fassung beigetragen hat, ist schwierig und nicht genau zu ermitteln.

[46] Bspw. können Landwirtschaftsbetriebe ohne Rechtsfolgende ihren Betrieb eingestellt haben.

Wer kommt grundsätzlich für die Finanzierung der Aufbereitungsanlagen in Frage?

Grundsätzlich können Aufgaben und Investitionen entsprechend deren Kosten nach dem Verursacher-, dem Nutzer- oder dem Gemeinlastprinzip getragen werden[47]:

Das **Verursacherprinzip** eignet sich – wie oben dargelegt – nur beschränkt, da die Verursachenden zur Beseitigung der Schäden kaum mehr belangt werden können. Möglich wäre aber, dass diejenigen, die weiter bzw. künftig risikobehaftete Pflanzenschutzmittel einsetzen, einen Teil der Kosten tragen – dies analog zur Kostentragung bei der Sanierung der Altlasten. Das würde beispielsweise bedeuten, dass über eine Abgabe auf PSM ein Fonds geäufnet wird, aus dem (ein Teil) der Kosten für die Aufbereitungsanlagen finanziert werden. Weiter ist auch der Bund, als zuständige Zulassungsbehörde, im weitesten Sinne als Verursachender mit in der Verantwortung.

Die Finanzierung der Aufbereitungsanlagen nach dem **Nutzniesserprinzip** würde bedeuten, dass die Kosten der Aufbereitungsanlagen durch die von der Anlage profitierenden Wasserkonsumierenden bezahlt würde. Das bedeutet, dass die Wasserversorger die Aufbereitungsanlage ohne Förderbeiträge erstellen und die vollen Kosten über eine entsprechende Erhöhung der Wassertarife auf die Wasserkonsumierenden überwälzen.

Die Kostentragung nach dem **Gemeinlastprinzip**, also die Finanzierung aus Steuergeldern, wäre im vorliegenden Fall dann in Betracht zu ziehen, wenn die Verursachenden nicht belangt werden können und es Argumente gegen die Kostentragung durch die Nutzniessenden gibt. Argumente gegen die Kostentragung durch die Nutzniessenden können im vorliegenden Fall beispielsweise sein:

- **Rascher Schutz der Bevölkerung vor übermässigen Belastungen** (Einhaltung des Lebensmittelrechts)
- **Ungleiche Betroffenheit**: Mittellandkantone sind übermässig von Überschreitungen (Chlorothalonil-Metaboliten) betroffen, Bergkantone kaum.
- **Grössere Spillover-Effekte** wären der Fall, wenn bspw. der Chlorothalonil-Eintrag grossräumig von Akteuren ausserhalb des Wasserversorgungsgebiets vorgenommen wurde. Solche grossräumigen überregionale Spillover können durchaus vorkommen: Bei einem mittleren Grundwasseralter von 10 Jahren ist es doch sehr wahrscheinlich, dass Verursacher räumlich getrennt von den Nutzniessenden sind.

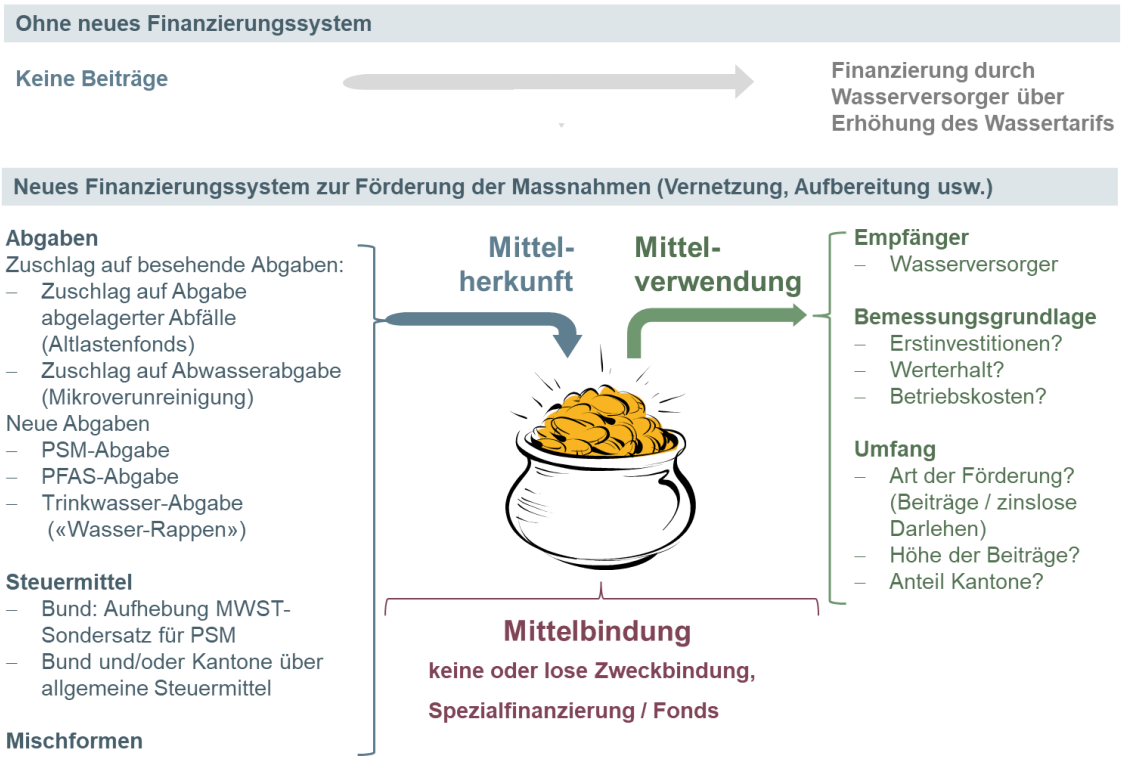
Beim Thema Wasser ist das Nutzniesserprinzip nicht immer klar vom Gemeinlastenprinzip abzugrenzen. Denn die Wasserkonsumierenden (Nutzniesser) sind in der Regel auch die Steuerzahler (Gemeinlast).

[47] BAFU (2018), Sicherstellung von Ökosystemleistungen, Leitfaden zur Identifikation von Finanzierungsbedarf und Finanzierungsinstrumenten.

7.3 Diskussion möglicher Finanzierungsmodelle

Bei einem Finanzierungssystem, das die Wasserversorger bei der Umsetzung von Aufbereitungsanlagen unterstützt, sind Mittelherkunft, Mittelverwendung und die Mittelbindung festzulegen. Abbildung 7-5 zeigt eine Übersicht der Ansätze, welche nachfolgend im Sinne einer groben Auslegeordnung mit den wichtigsten Argumenten aufgeführt werden. Bei der Mittelverwendung werden kurz die wichtigsten Überlegungen zu den Empfängern und der Bemessungsgrundlage aufgeführt. Bei der Mittelherkunft werden Zuschläge auf bestehende Abgaben, die Einführung von neuen Abgaben (PSM-, PFAS-Abgabe, «Wasser-Rappen») und die Verwendung von Steuermitteln diskutiert.

Abbildung 7-5: Finanzierungsmodell - Ansatzpunkte



Quelle: Eigene Abbildung

7.3.1 Mittelverwendung

Bei der Mittelverwendung stellen sich zwei grundlegende Fragen:

- Was soll die Förderung bewirken und was soll gefördert werden? (Bemessungsgrundlage)
- In welchem Ausmass soll gefördert werden? (Umfang)

Bemessungsgrundlage, Nachweis

Ziel einer allfälligen Förderung ist es, dass der Schutz der Bevölkerung vor belastetem Trinkwasser sichergestellt wird (Gesundheit) und nicht an finanziellen Hürden scheitert oder aus finanziellen Gründen hinausgezögert wird. Dies unter Berücksichtigung anderer wichtiger Prinzipien und Ziele, insbesondere der Verhältnismässigkeit, dem Vorsorgeprinzip und der Versorgungssicherheit und der daraus abgeleiteten Prioritätenfolge der möglichen Sanierungsmassnahmen (siehe Kapitel 4).

Eine allfällige Förderung ist somit auf die **Erstinvestitionen** auszurichten. Die jährliche Förderung von Betriebskosten wäre mit einem hohen Vollzugsauwand verbunden. Eine Förderung des Werterhalts bzw. von Erneuerungen ist zumindest bei Chlorothalonil-Metaboliten aufgrund der Hinweise zur natürlichen Konzentrationsabnahme nicht angebracht.

Umfang

Die Förderung von Erstinvestitionen kann mit zwei Instrumenten erfolgen:

- (Förder-)Beiträge
- zinslose, rückzahlbare Darlehen

Beiträge reduzieren die Investitionskosten direkt und erleichtern den Entscheid zugunsten von Massnahmen zur Schadensbegrenzung bei den jeweiligen Entscheidungsträgern. Im vorliegenden Fall fallen neben den Kapitalkosten auch hohe Betriebskosten an, was für einen hohen Förderbeitrag (bspw. 75 % analog den Beiträgen für die Beseitigung von Mikroverunreinigung in ARAs) spricht. Allenfalls könnten die Beiträge nach den spezifischen Investitionskosten abgestuft werden, um allfällige Härtefälle bei kleineren Wasserversorgern abzufedern.

Zinslose, rückzahlbare Darlehen haben als alleiniges Förderinstrument nur eine beschränkte Wirkung, da sie gegenüber direkten Förderbeiträgen die Kapitalkosten weniger senken und die Beschaffung von Darlehen auf dem privaten Kapitalmarkt für Wasserversorgungen nicht problematisch ist. Als ergänzendes Finanzierungsmittel können aber zinslose, rückzahlbare Darlehen in Betracht gezogen werden.

Fazit: Eine rechtliche Grundlage zur allfälligen Subventionierung von Aufbereitungsanlagen besteht heute nicht und müsste noch geschaffen werden. Eine allfällige Förderung wäre auf die Investitionskosten auszurichten. Würden die Investitionskosten – analog den Beiträgen für die Beseitigung der Mikroverunreinigung bei den Abwasserreinigungsanlagen – mit einem hohen Beitragssatz von 75 % subventioniert, so ergäbe sich folgender Finanzierungsbedarf[48]:

[48] Anmerkung: Die Kosten sind erste, sehr grobe Schätzungen. Damit ist auch der daraus abgeleitete Finanzierungsbedarf nur eine erste grobe Schätzung. Wir haben hier keine gerundeten Millionenbeträge verwendet, damit die Herleitung der 6 bzw. 22 Mio. CHF/Jahr nachvollziehbar wird (bspw. belaufen sich die Investitionskosten für die Kombivariante 2+4 auf 434 Mio. CHF (vgl. Abbildung 7-1), daraus berechnet sich ein Mittelbedarf von 434 Mio. CHF / 15 Jahre * 75% = 22 Mio. CHF/Jahr).

- **Kombivariante 2+4** (Massnahmen bei rund 100 WV zu Chlorothalonil und bei 5 WV zu PFAS): gut **22 Mio. CHF/Jahr** während 15 Jahren, also bis ca. 2040.
- **Kombivariante 3+4** (Massnahmen bei 14 WV zu Chlorothalonil und bei 5 WV zu PFAS): rund **6 Mio. CHF/Jahr** während 10 Jahren, also bis ca. 2035.

Als ergänzendes Finanzierungsmittel können aber zinslose, rückzahlbare Darlehen in Betracht gezogen werden.

7.3.2 Mittelherkunft

Nachfolgend werden die in der obigen Abbildung erwähnten Finanzierungsquellen diskutiert, eine zusammenfassende Beurteilung folgt in Tabelle 7-6.

Zuschlag auf Abfallabgabe (Altlastenfonds)

Die Rückstände der Chlorothalonil-Metaboliten im Grundwasser können als Altlast eines aus dem Verkehr gezogenen Stoffes betrachtet werden. In diesem Sinne wäre eine Finanzierung durch den Altlastenfonds (VASA-Fonds) mit einem entsprechenden Zuschlag auf die Abfallabgabe denkbar. Der VASA-Fonds wird durch eine Abgabe auf Abfälle erhoben, welche auf Schweizer Deponien abgelagert oder zur Ablagerung ins Ausland exportiert werden. Mit den Mitteln werden Massnahmen zur Untersuchung, Überwachung und Sanierung von belasteten Standorten mitfinanziert[49]. Das Umweltschutzgesetz (Art. 32e USG) legt im Detail fest, welche Massnahmen im Zusammenhang mit Deponien und Abfällen abgeltungsberechtigt sind. Um die Mittel aus dem VASA-Fonds für den vorliegenden Fall zu verwenden, bräuchte es somit eine Erweiterung des Verwendungszwecks mit entsprechenden gesetzgeberischen Anpassungen[50]. Dies scheint aus folgenden Gründen kaum legitim und realistisch zu sein:

- keinen ursächlichen oder thematischen Zusammenhang zwischen Abgabesubjekten (z. B. Inhaber von Deponien) und den Belastungen mit Chlorothalonil-Rückständen
- neben Einhaltung des Lebensmittelrechts kaum stichhaltige Argumente zur Notwendigkeit

Fazit zum Zuschlag auf eine Abfallabgabe: Legitimität ist kaum gegeben, da kein Zusammenhang zwischen der Ablagerung von Abfällen und der Belastung mit Chlorothalonil-Rückständen gegeben ist.

Zuschlag auf bestehende Abwasserabgabe (Mikroverunreinigung)

Um die Belastung durch Mikroverunreinigungen zu reduzieren, werden in den kommenden Jahren ausgewählte Abwasserreinigungsanlagen (ARA) mit einer zusätzlichen

[49] BAFU 2022b, Aktueller Stand des VASA-Fonds.

[50] Art. 32e USG und Art. 1 Bst. v VASA (Verordnung über die Abgabe zur Sanierung von Altlasten, SR 814.681) müssten erweitert werden.

Reinigungsstufe ausgebaut. Zur Förderung des Ausbaus wurde ein zweckgebundener Abwasserfonds geschaffen, aus welchem der Ausbau (Investitionen) zu 75 % finanziert wird. Der Fonds wird aus einer **Abwasserabgabe** gespiesen, welche bis 2040 jährlich bei den ARA erhoben. Die Abwasserabgabe richtet sich nach Anzahl der an die ARA angeschlossenen Einwohnerinnen und Einwohner und beträgt aktuell maximal 9 Franken pro angeschlossene Person.

Grundsätzlich wäre es denkbar diesen Pro-Kopf-Finanzierungsmechanismus auch für die Finanzierung der infrastrukturellen Chlorothalonil- und PFAS-Massnahmen zu nutzen, also einen Zuschlag von 0.7 bis 2.4 CHF/Kopf zu erheben[51], was jährliche Einnahmen von rund 6 bis 22 Mio. CHF generieren würde. Damit könnten die Investitionen in den Kombivarianten 3+4 (Mittelbedarf 6 Mio. CHF/Jahr, während 10 Jahren) bzw. 2+4 (Mittelbedarf 22 Mio. CHF/Jahr, während 15 Jahren) mitfinanziert werden, während die übrigen Kosten (restliche Investitionskosten, Kapitalkosten, Unterhaltskosten) durch die Nutzniesser bezahlt würden.

Dazu bräuchte es aber entsprechende gesetzliche Anpassungen, damit ein solcher Zuschlag erhoben und ein Spezialfinanzierungsfonds für die Massnahmen zur Reduktion von Chlorothalonil und PFAS im Trinkwassernetz (Vernetzung, Aufbereitungsanlagen usw.) umgesetzt werden können. Der Vorteil liegt im sehr geringen Vollzugsaufwand, da die Abwasserabgabe bereits erhoben wird und nur ein Zuschlag neu verrechnet werden müsste, deren Einnahmen in die neue Spezialfinanzierung zugunsten der Aufbereitungsanlagen fliessen.

Kritisch sind folgende Punkte:

- mangelnde Legitimität, da zumindest teilweise Zweckentfremdung der Abwasserabgabe, es ist kein Verursacherzusammenhang gegeben.
- neben Einhaltung des Lebensmittelrechts kaum stichhaltige Argumente zur Notwendigkeit, ausser die wohl teils vorhandenen überregionalen Spillover (siehe Kapitel 7.2).

Ob dieser Zuschlag auf der Abwasserabgabe zur Finanzierung für weitere Massnahmen, insbesondere zum vorsorglichen Ressourcenschutz, sinnvoll wäre, müsste separat geprüft werden.

Fazit zum Zuschlag auf eine Abwasserabgabe: Nicht sinnvoll aufgrund mangelnder Legitimität.

PSM-Abgabe

Analog zur Altlastensanierung könnten die Einnahmen aus einer PSM-Abgabe zur Finanzierung beigezogen werden. Eine PSM-Abgabe ist im weitesten Sinne verursachergerecht, da durch eine PSM-Abgabe der Einsatz von PSM reduziert werden kann und damit künftige Belastungen des Grundwassers reduziert werden. Dass eine PSM-Abgabe ein effizientes

[51] Art. 60b. GSchG (Gewässerschutzgesetz, SR 814.20) müsste angepasst werden.

Instrument zur Reduktion der Schadstoffbelastung durch PSM ist, haben verschiedene Studien[52] gezeigt und auch bereits bestehende PSM-Abgaben im Ausland[53] zeigen Wirkung hinsichtlich einer Reduktion die durch den Pestizideinsatz eingebrachten Schadstoffe.

Eine Lenkungsabgabe auf PSM wurde im Rahmen der Erarbeitung der Vorlage zur AP22+ geprüft, aber verworfen. Grund dafür war, dass die Vorteile einer verursachergerechten Steuer kleiner eingeschätzt wurden als die Nachteile einer Schaffung eines neuen administrativen Einnahmesystems. Die Transaktionskosten einer PSM-Abgabe in der Schweiz werden von der Forschung als tief eingeschätzt, da die PSM-Abgabe direkt bei den Herstellern bzw. Importeuren erhoben werden könnte[54].

Im Rahmen der Parlamentarischen Initiative «Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren» wurde von der ständerätlichen Kommission vorgeschlagen, dass wenn das vorgegebene Reduktionsziel bis 2027 nicht erreicht wird, der Bundesrat im Jahre 2025 weitere Massnahmen zur Zielerreichung ergreifen muss[55]. Weitere Massnahmen können gemäss Kommissionsvorschlag, der auch vom Bundesrat unterstützt[56] wurde, der Widerruf von besonders risikoreichen Wirkstoffen (im Fall von Chlorothalonil bereits erfolgt) und/oder eine Lenkungsabgabe sein. In der Beratung im Ständerat fand dann die Lenkungsabgabe keine Mehrheit und wurde wieder gestrichen.

Für die Einführung einer Abgabe auf PSM bräuchte es eine neue gesetzliche Grundlage, für welche angesichts der bereits geführten politischen Debatten und getroffenen Entscheide die Akzeptanz fraglich ist. Allerdings kommt mit der Einnahmeverwendung zugunsten der Minderung durch PSM angerichtete Schäden (Mitfinanzierung der Aufbereitungsanlagen) ein neues Element dazu, das akzeptanzfördernd sein könnte[57]. Eine PSM-Abgabe dürfte aber wohl erst längerfristig – bspw. im Rahmen der Agrarpolitik für die Zeit nach 2030 (AP2030+) – wieder eine Chance haben.

---

[52] Vgl. bspw.
für die Schweiz: Finger, R., Böcker, T., Möhring, N. & Dalhaus, T. (2016), Ökonomische Analyse des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln – Risikoaspekte und Lenkungsabgaben. Bericht zu Händen des Bundesamts für Landwirtschaft, ETH Zürich und Universität Bonn.
für Deutschland: Möckel S., Gawel E., Liess M., Neumeister L. (2021), Wirkung verschiedener Abgabenkonzepte zur Reduktion des Pestizideinsatzes in Deutschland – eine Simulationsanalyse.

[53] Bspw. die risikobasierte Mengenabgabe in Dänemark, die undifferenzierte Mengenabgabe in Schweden (vgl. dazu die Ausführungen in Möckel S., Gawel E., Liess M., Neumeister L. (2021)). Zusätzlich kennen Frankreich und Norwegen ebenfalls eine risikobasierte Mengenabgabe. Eine Einschätzung zu den in der Tendenz positiven Wirkungen der PSM-Abgaben der vier Länder bieten auch Finger, R., Böcker, T., Möhring, N. & Dalhaus, T. (2016).

[54] Finger, R., Böcker, T., Möhring, N. & Dalhaus, T. (2016).

[55] Vgl. Kommission für Wirtschaft und Abgaben des Ständerats (3. Juli 2020), Bericht zur Parlamentarischen Initiative „Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren".

[56] Vgl. Bundesrat (19. August 2020), Stellungnahme des Bundesrats zum Bericht der Kommission für Wirtschaft und Abgaben des Ständerats (3. Juli 2020), Bericht zur Parlamentarischen Initiative „Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren".

[57] Finger, R., Böcker, T., Möhring, N. & Dalhaus, T. (2016) zeigen, dass die Einführung einer PSM-Abgabe positive Wirkungen aufzeigt, schlagen aber vor, dass die Einnahmen aus der PSM-Abgabe wieder an die Landwirtschaft zurückfliessen, damit diese netto nicht stärker finanziell belastet wird.

Fazit zu einer PSM-Abgabe: Wäre ein verursachernahes Finanzierungsinstrument zur Behebung der Chlorothalonil-Altlast. Mit Blick auf mögliche künftige Belastungen mit Spurenstoffen wäre eine Lenkung von PSM erwünscht, aber zur Sanierung der Chlorothalonil-Problematik nicht relevant. Das Instrument hätte vergleichsweise geringe Vollzugskosten, allerdings mit mässigen Chancen und wohl erst längerfristig, bspw. im Rahmen der AP2030+, umsetzbar.

PFAS-Abgabe

PFAS sind schwer abbaubare Chemikalien, die industriell hergestellt werden und im Verdacht stehen, krebserregend zu sein. Einige PFAS sind bereits verboten, für drei PFAS kennt die Schweiz aktuell Höchstwerte im Trinkwasser[58]. Es ist davon auszugehen, dass der neue EU-Höchstwert von 0.1 µg/L für die Summe von 20 PFAS frühestens ab 2026 von der Schweiz übernommen wird. Einmal in die Umwelt gesetzte PFAS akkumulieren sich und kennen keine Abnahme der Konzentration wie bei Chlorothalonil[59].

PFAS stecken in zahlreichen Produkten und werden über die Industrie, Gewerbe, Bau und Dienstleistungen sowie die Haushalte und die Landwirtschaft beim Gebrauch in die Umwelt gesetzt und gelangen über direkten Eintrag in den Boden, über das Abwasser und die Kläranlagen oder über die Luft und den Niederschlag in die Gewässer und ins Trinkwasser.

Eine PFAS-Abgabe kann grundsätzlich an folgenden Orten ansetzen:

- *PFAS-Abgabe auf Produkten:* Damit eine PFAS-Abgabe Lenkungswirkung erzielen kann (analog zur PSM-Abgabe)[60] müsste sie auf den einzelnen Produkten oder noch früher in der Wertschöpfungskette ansetzen. Aufgrund der grossen Produktpalette, in denen PFAS eingesetzt werden, wäre ein PFAS-Abgabe mit unverhältnismässig grossem Vollzugsaufwand verbunden. Bei den toxischen PFAS ist das Instrument der Lenkungsabgabe nicht zielführend, hier sind Verbote der bessere Weg.
- *PFAS-Abgabe bei Abwasserreinigungsanlagen*: Eine PFAS-Abgabe könnte auch beim Umwelteintrag ansetzen. Allerdings ist dieser Umwelteintrag sehr diffus. Als vollzugsmässig handhabbare Abgabesubjekte, die PFAS in die Umwelt einbringen und bei denen der in die Umwelt eingebrachte PFAS-Gehalt gemessen werden könnte, sind die Abwasserreinigungsanlagen. Klar ist, dass eine solche PFAS-Abgabe keinerlei Lenkungswirkung erzielen kann, aber sie könnte zumindest als Finanzierungsinstrument für Massnahmen im Trinkwasserbereich oder generell für Massnahmen zur Reduktion des PFAS-Einsatzes (bspw. der Förderung von Ersatzstoffen) dienen.

---

[58] In der Schweiz gilt für Perfluoroctansulfonsäure und Perfluorhexansulfonsäure je ein Höchstwert von 0.3 µg/l in Trinkwasser. Für Perfluoroctansäure sind es 0.5 µg/l .

[59] Neben PFAS kommen auch Trifluoracetat (TFA) im Trinkwasser vor. TFA kommt dabei im Trinkwasser der gesamten Schweiz vor, wobei die in Deutschland geltenden Höchstwerte in der Schweiz nicht überschritten werden. In der Schweiz gibt es keinen TFA-Höchstwert für das Trinkwasser. TFA wird vom BLV als toxikologisch nicht-relevanter Metabolit von Pflanzenschutzmitteln eingestuft. Bezüglich TFA sind keine Massnahmen bei den Wasserversorgungen notwendig (vergleiche dazu Verband der Kantonschemiker der Schweiz (2023), Auswertung VKCS-Kampagne PFAS in Trinkwasser 2023). TFA wird daher im Rahmen dieses Berichts nicht weiter thematisiert.

[60] PSM können auch PFAS enthalten. Insofern kann die PSM-Abgabe auch zusätzlich nach dem PFAS-Gehalt erhoben werden.

Mit einer PFAS-Abgabe bei Abwasserreinigungsanlagen würde nur eine der vielen Wege, auf denen PFAS in die Umwelt eingebracht werden, mit einer Abgabe belastet. Ob die Schaffung einer PFAS-Abgabe bei den Abwasserreinigungsanlagen zur Finanzierung von PFAS-Massnahmen bei Wasserversorgern zielführend ist, müsste näher geprüft werden.

Fazit zu einer PFAS-Abgabe: Eine PFAS-Abgabe wäre erst längerfristig umsetzbar und kann nicht zur Finanzierung von kurz- bis mittelfristig umzusetzenden Massnahmen dienen. Bei einer allfälligen künftigen Ausweitung der Problematik oder in Kombination mit vorsorglichen Massnahmen zu PFAS könnte ein solches Instrument prüfenswert sein.

Trinkwasser-Abgabe («Wasser-Rappen»)

Eine Trinkwasser-Abgabe oder ein «Wasser-Rappen» wäre eine neu zu schaffende Abgabe. Es bräuchte entsprechend eine (neu zu schaffende) rechtliche Grundlage und die Abgabe müsste bei allen Wasserversorgern erhoben werden. Entsprechend wäre der administrative Vollzugsaufwand gross, da es mehrere Hundert Abgabeobjekte gäbe und gleichzeitig wäre die Abgabe pro m^3 sehr klein. Die Wasserversorger würden die Kosten ihrerseits vermutlich an die Konsumierenden übertragen.

Fazit zu einer Trinkwasserabgabe: Für die reine Altlastensanierung mit Chlorothalonil-Rückständen ist eine zusätzliche Abgabe aufgrund des Missverhältnisses zwischen Aufwand und Nutzen nicht sinnvoll. Sollte es in Zukunft zu einer verstärkten und verbreiteten Problematik mit PFAS kommen, wäre eine solche Abgabe evtl. prüfenswert (siehe auch PFAS-Abgabe).

Steuermittel Bund: Aufhebung des reduzierten Mehrwertsteuer-Satzes für PSM

Für PSM gilt ein reduzierter MWST-Satz von 2.6 % (Art. 25 MWSTG) anstelle des Normalsatzes von 8.1 %. Der Einsatz von PSM wird also steuerlich subventioniert. Bei einem PSM-Umsatz von rund 130 Mio. CHF/Jahr entspricht dies 7 Mio. CHF/Jahr[61]. Mit diesen 7 Mio. CHF/Jahr könnte somit der Finanzbedarf für die Kombivariante 3+4 (6 Mio. CHF/Jahr) gänzlich gedeckt werden. Eine Änderung dieses Satzes würde aber eine Gesetzesänderung erfordern. Darüber hinaus wäre die Finanzierung von Investitionen der Wasserversorgungen durch den Bund ein Systemwechsel und würde ebenfalls eine Gesetzesgrundlage erfordern.

Analog zur oben besprochenen PSM-Abgabe ist die Legitimität und auch der thematische Zusammenhang zwischen der Abgabebelastung und der daraus finanzierten Aufbereitungsanlagen zumindest teilweise gegeben, auch wenn die vergangenen Verursacher durch die künftige PSM-Abgabe nicht direkt belastet werden.

Im Unterschied zur PSM-Abgabe wird die relativ tiefe Ad-valorem-Zusatzbelastung von 5.5 Prozentpunkten auf allen PSM keine grossen schadstoffreduzierenden Wirkungen zeigen[62],

[61] Vgl. Finger, R., Böcker, T., Möhring, N. & Dalhaus, T. (2016).

[62] Mittels Modellierung konnte in einer Studie gezeigt werden, dass eine Ad-valorem-Abgabe von 35% auf dem Verkaufspreis bei 90% der landwirtschaftlichen Betriebe dazu bewegen würde, einfache Massnahmen zu ergreifen,

was für die Finanzierungsfrage von Sanierungsmassnahmen aber auch nicht im Vordergrund steht.

Fazit zur Aufhebung des reduzierten MWST-Satzes für PSM: Die Finanzierung erfolgt indirekt, indem der reduzierte MWST-Satz aufgehoben und somit das Bundesbudget erhöht wird. Es ist eine sinnvolle und verursachernahe Finanzierungsquelle mit thematischem Konnex, welche die nötigen Mittel zur Sanierung der Wasserversorgungen der Kombivariante 3+4 bereit stellt. Dies würde jedoch einen Systemwechsel und gesetzliche Änderungen erfordern.

Allgemeine Steuermittel Bund und/oder Kantone

Allgemeine Steuermittel sind dann einzusetzen, wenn die Finanzierung nicht nach dem Verursacherprinzip erfolgen kann oder es wichtige Argumente gegen das Nutzniesserprinzip gibt.

Dies trifft für allfällige Härtefälle zu – also bspw. für kleinere Wasserversorger mit hohen spezifischen Kosten für die Aufbereitungsanlagen (siehe Kapitel 7.1). Solche Fälle könnten gemäss dem Gemeinlastprinzip durch die Kantone und anteilmässig – aufgrund der Mitverantwortung als Zulassungsbehörde – auch durch den Bund mitfinanziert werden.

Ob eine Finanzierung von weiteren Massnahmen des vorsorglichen Ressourcenschutz durch Steuermittel sinnvoll ist, war nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung und müsste bei Bedarf separat geklärt werden.

Fazit allgemeine Steuermittel von Kantonen und Bund: Die Verwendung von Steuermitteln kann für die Finanzierung von Aufbereitungsanlagen zur Elimination von PFAS und beim Chlorothalonil in Härtefällen nötig sein.

welche insgesamt zu einem Rückgang des Pestizideinsatzes führen würde.[62] Diese Modellschätzungen für Frankreich sind ein Indiz dafür, dass eine steuerlich Ad-valorem-Belastung Wirkung zeigt. Bei einer Zusatzbelastung von 5.5 Prozentpunkten wird diese allerdings gering sein.

Tabelle 7-6: Zusammenfassung zu den Finanzierungsinstrumenten

Finanzierungs-instrument	Finanzielle Ergiebigkeit	Realisierbarkeit (rechtlich, Vollzugs-aufwand, Chancen gemäss Einschät-zung des Projektteams)	Fazit
Zuschläge auf bestehende Abgaben			
Zuschlag auf Ab-fallabgabe (Alt-lastenfonds)	Je nach Höhe des Zu-schlags	– Rechtlich: Gesetzes- (USG) und Ver-ordnungsanpassungen (VASA) nötig. – Vollzugsaufwand: Sehr gering – Wenig Chancen.	– Nicht sinnvoll aufgrund mangelnder Le-gitimität, Zweckentfremdung (kein Zu-sammenhang zwischen Ablagerung von Abfällen und Belastungen im Grundwasser).
Zuschlag auf Ab-wasser-Abgabe (Mikroverunreini-gung-Fonds)	Je nach Höhe des Zu-schlags: – 0.7 CHF/Kopf und Jahr zur Finanzierung der Kombivariante 3+4 – 2.4 CHF/Kopf und Jahr zur Finanzierung der Kombivariante 2+4	– Rechtlich: Gesetzesanpassung (GSchG) nötig – Vollzugsaufwand: Sehr gering – Wenig Chancen.	– Zur Finanzierung von Chlorothalonil- oder PFAS-Massnahmen nicht geeig-net aufgrund mangelnder Legitimität – Zweckmässigkeit für weitere Massnah-men, insb. zum vorsorglichen Ressour-censchutz müssten separat geprüft werden
Neue Abgaben			
PSM-Abgabe	Je nach PSM-Abgabe: Würde eine PSM-Abgabe gemäss Vorschlag für Deutschland (Möckel et al., 2021) umgesetzt (entspricht einem Ad-valorem-Zuschlag von 35 % bis 70 %), ergä-ben sich Einnahmen von rund 50 bis 100 Mio. CHF/Jahr	– Rechtlich: Braucht neue gesetzliche Grundlage. – Vollzugsaufwand: Gering, Abgabe nur bei Herstellern und Importeuren. – Aufgrund der bereits geführten politi-schen Debatten und Entscheide schwierig.	– Wohl erst längerfristig, bspw. im Rah-men der nächsten AP2030 – als Len-kungsabgabe – wieder mit Chancen. Zur Finanzierung von kurz- mittelfristig zu finanzierenden Chlorothalonil- und PFAS-Massnahmen somit nicht geeig-net. – Zweckmässigkeit für weitere Massnah-men, insb. zum vorsorglichen Ressour-censchutz müssten separat geprüft werden
PFAS-Abgabe	Je nach PFAS-Abgabe (Höhe und mit Abgabe be-lastete Produkte)	– Rechtlich: Braucht neue gesetzliche Grundlage. – Vollzugsaufwand: Mittel.	– Nicht geeignet für kurz- oder mittelfris-tige Umsetzung – Bei einer allfälligen künftigen Auswei-tung der Problematik oder in Kombina-tion mit vorsorglichen Massnahmen zu PFAS evtl. prüfenswert
Trinkwasser-Ab-gabe («Wasser-Rappen»)	Je nach Höhe der Abgabe: Bei 1 Rp./kWh ergeben sich 9 Mio. CHF/Jahr	– Rechtlich: Braucht neue gesetzliche Grundlage. – Vollzugsaufwand: Mittel, Abgabe bei allen Wasserversorgern erheben – Missverhältnisses zwischen Vollzugs-aufwand und Nutzen.	– Nicht sinnvoll für Chlorothalonil-Thema-tik aufgrund Missverhältnisses zwi-schen Aufwand und Nutzen – Bei allfälliger verstärkter PFAS-Proble-matik in Zukunft evtl. prüfenswert.
Steuermittel			
Bund: Aufhebung reduzierter MWST-Satz für PSM	Aktuell rund 7 Mio. CHF/Jahr	– Rechtlich: Im Art. 25 Abs. 7 MWSTG müsste der reduzierte Satz für PSM gestrichen werden. – Vollzugsaufwand: Sehr gering – Realistische Chancen (-> Subventi-onsabbau).	– Empfohlen zur Finanzierung der Chlo-rothalonil- und PFAS-Massnahmen der Kombivariante 3+4, – Für Kombivariante 2+4 zu wenig ergie-big, kann aber für Härtefälle eingesetzt werden oder es wird ein tieferer Bei-tragssatz (25 %) angewendet
Allgemeine Steu-ermittel von Kan-tonen und Bund	Je nach Bedarf	– Rechtlich: Grundlagen müssen ge-schaffen werden. – Vollzugsaufwand: Gering – Realistisch, wenn «nötig»	– Allenfalls sinnvoll für Härtefälle oder zur Ergänzung (bspw. mittels einer Ergän-zung mit einem kantonalen Beitrag) der Finanzierung aus der Aufhebung des reduzierten MWST-Satzes für PSM

Legende: Finanzierungsinstrument für Chlorothalonil- und PFAS-Massnahmen: = empfohlen,
= als Ergänzung, für Härtefälle, wenn nötig

Als Lenkungsabgabe oder zur Finanzierung anderer, längerfristig wirksamen Massnahmen wie bspw. zum vorsorglichen Ressourcenschutz oder bei sich verschärfender PFAS-Problematik: = evtl. mittelfristig umsetzbar, evtl. prüfen
=nicht empfohlen

8 Fazit und Empfehlungen

Um die Höchstwerte im Trinkwasser bezüglich Chlorothalonil-Metaboliten und PFAS einhalten zu können, sind verschiedene Massnahmen möglich. Um die Bevölkerung so rasch wie möglich vor Höchstwertüberschreitungen zu schützen, sollen dabei wo immer möglich rasch umsetzbare Massnahmen wie z. B. Mischen ergriffen werden, welche keine oder nur geringe bauliche Eingriffe erfordern. Im Sinne des vorsorglichen Gewässerschutzes sind zudem Massnahmen prioritär, welche den Schutz des Grundwassers vor Verschmutzungen mit weiteren Spurenstoffen verbessern, wie z. B. die Ausscheidung von Zuströmbereichen. Weiter kann auch die Vernetzung mit anderen Wasserversorgern die Problematik reduzieren und gleichzeitig die Versorgungssicherheit erhöhen (siehe Kapitel 4).

Erst wenn alle anderen Möglichkeiten ausgeschöpft sind, sind auch **technische Aufbereitungsverfahren** sinnvoll. Im Rahmen dieser Studie wurden die Kosten für Aufbereitungen abgeschätzt, aber vorzugsweise werden diese Investitionen in andere Massnahmen gemäss Kapitel 4 eingesetzt. Zur Trinkwasseraufbereitung stehen verschiedene marktfähige Technologien bereit, die wichtigsten sind: Granulierte Aktivkohle, Pulveraktivkohle kombiniert mit Ultrafiltrationsmembran, Nanofiltration und Umkehrosmose. Je nach Grösse der Wasserversorgung und je nachdem ob das Wasser mit Chlorothalonil-, PFAS- oder anderen Rückständen belastet ist, empfiehlt sich ein anderes Verfahren (siehe Kapitel 5). Im Rahmen dieser Studie wurden die Kosten für die Trinkwasseraufbereitung und den Leitungsbau abgeschätzt, welche in direktem Zusammenhang mit Verunreinigungen des Trinkwassers mit Chlorothalonil-Metaboliten oder PFAS stehen. Wo möglich sind Investitionen in die zusätzliche Vernetzung (Leitungsbau) der Aufbereitung vorzuziehen.

Der Ausbau der Trinkwasserversorgungen mit neuen Aufbereitungsverfahren ist **aufwendig** und mit **verschiedenen Hürden** (rechtliche, Landbedarf, Bewilligungsverfahren etc.) verbunden und würde für die meisten Fälle mindestens 5-10 Jahre dauern. Für die schweizweite Erstellung von Aufbereitungsanlagen bei allen grösseren, betroffenen Fassungen (Varianten 1 und 2) rechnen wir mit einer Umsetzungsdauer bis 2040. Gemäss dem Bericht der Plattform Grundwasserschutz (siehe auch Kap. 3 in diesem Bericht) ist jedoch zu erwarten, dass die Konzentration mit Chlorothalonil-Rückständen in den nächsten Jahren abnimmt und bis 2040 nur noch einzelne Fassungen von Höchstwertüberschreitungen betroffen sind. Eine verbreitete Aufrüstung mit Aufbereitungsanlagen mittels finanzieller Unterstützung durch den Bund ist unter diesen Aussichten nicht verhältnismässig.

In Einzelfällen kann die Erstellung von Aufbereitungsanlagen aber sinnvoll sein. Die Voraussetzungen dazu sind, dass alle weiteren möglichen Massnahmen ausgeschöpft sind, und auch in einem Zeithorizont von länger als 10 Jahren noch hohe Konzentrationen von Chlorothalonil-Metaboliten zu erwarten sind. Bei den wenigen Fassungen, welche von PFAS-Höchstwertüberschreitungen betroffen sind, sollte genauer untersucht werden, wie sich die Konzentration in Zukunft entwickeln könnte.

Empfehlung zuhanden der betroffenen Wasserversorger: Altersstruktur des Grundwassers bestimmen

Das Projektteam empfiehlt den betroffenen Wasserversorgern, in einem ersten Schritt im Rahmen einer Regionalen Planung die Fassungen zu bestimmen, bei welchen weitere Massnahmen nötig und sinnvoll sind. Wird dabei eine technische Aufbereitung des Rohwassers aufgrund von Chlorothalonil-Metaboliten in Erwägung gezogen, empfehlen wir die Altersstruktur des Grundwassers zu bestimmen. Gemäss beiliegendem hydrogeologischem Bericht ist dies der wichtigste Faktor zur Vorhersage der Konzentration der Chlorothalonil-Metaboliten. Obwohl sich die Altersstruktur mit einer Isotopenmessung bestimmen lässt, wurde dies in der Schweiz bisher kaum gemacht. Im benachbarten Ausland gibt es jedoch verschiedene Anbieter, die dies kostengünstig vornehmen. Anhand dieser Grundlage lässt sich abschätzen, ob sich eine Investition in eine Aufbereitungsanlage überhaupt lohnt bzw. ob angenommen werden kann, dass die Verunreinigung bis zur Umsetzung der Anlage überhaupt noch vorhanden ist.

Empfehlung an die Kantons- und Bundesbehörden: Subventionierung nur mit Nachweis, dass keine anderen Massnahmen möglich sind

Das Projektteam empfiehlt, die Aufbereitung von Trinkwasser aufgrund der Chlorothalonil- oder PFAS-Belastung in Einzelfällen mit Steuermitteln (direkt oder indirekt über eine Abschaffung des reduzierten MWST-Satzes für PSM) zu fördern. Ziel dieser punktuellen Subventionierung ist es, dass der Schutz der Bevölkerung vor belastetem Trinkwasser sichergestellt wird (Gesundheit) und nicht an finanziellen Hürden scheitert oder aus finanziellen Gründen hinausgezögert wird. Dies dürfte vor allem bei kleineren Wasserversorgungen der Fall sein. Um Fehlanreize mit anderen wichtigen Zielen des Bundes und der Kantone zu vermeiden, soll eine solche Förderung an einen Nachweis geknüpft sein, dass die Möglichkeiten der anderen Massnahmen gemäss Kapitel 4 ausgeschöpft sind. Um Anreize für eine rasche Umsetzung zu schaffen, soll die Förderung befristet sein. Wie die Abschätzungen der Variante 3 für Chlorothalonil und 4 für PFAS zeigen, wäre nur in Einzelfällen eine Subventionierung in Betracht zu ziehen.

Empfehlung an die Bundespolitik: Finanzierung via Aufhebung des reduzierten MWST-Satzes für PSM

Wie beschrieben empfehlen wir, die Trinkwasseraufbereitung in Einzelfällen als befristeten Bundessubventionsbestand (mit Nachweis) zu betrachten. Ein eigenes zweckgebundenes Finanzierungssystem wie in anderen Altlastenfällen (z. B. VASA-Fonds) ist aufgrund der wenigen Fälle und der gesamtschweizerisch gesehen geringen Investitionskosten nicht nötig. Das Projektteam empfiehlt jedoch, den Finanzbedarf durch eine Aufhebung des reduzierten MWST-Satzes auf PSM auszugleichen. Heute wird der Einsatz von PSM steuerlich subventioniert. Durch eine Anhebung der Mehrwertsteuer auf den ordentlichen Satz ist mit Mehreinnahmen von ca. 7 Mio. CHF/Jahr zu rechnen was zur Finanzierung der Kombivariante 3+4 (ca. 6 Mio. CHF/Jahr) ausreicht. Da dazu kein eigener Fonds geschaffen werden muss, ist mit sehr geringem Vollzugsaufwand zu rechnen.

Sollte sich das Problem bei PFAS in Zukunft trotz vorsorglicher Massnahmen deutlich verschärfen, könnte eine PFAS-Abgabe prüfenswert sein. Ebenfalls zu prüfen wäre ein solches Instrument, falls neben der Trinkwasseraufbereitung auch vorsorgliche Massnahmen zu PFAS finanziert würden.

Anhang A: Vergleich der betrachteten Verfahren

Abbildung A-1: Vergleich der betrachteten Verfahren

Verfahren:	Granulierte Aktivkohle	Pulveraktivkohle kombiniert mit Ultrafiltration	Nanofiltration	Umkehrosmose
Für welchen Kontext geeignet?	Geeignet, falls Höchstwerte nur leicht überschritten werden und wenig andere Schmutzstoffe im Wasser sind (Höhere Konzentrationen erhöhen die Austauschhäufigkeit der Aktivkohle).	Durch die Kombination von Aktivkohle und Ultrafiltration geeignet, wenn neben Spurenstoffen auch Trübung und mikrobiologische Verunreinigungen entfernt werden sollen.	Geeignet, falls Konzentrationen von Chlorothalonil-Metaboliten über 0.5 µg/L liegen, da die Aufbereitungsleistung unabhängig der Ausgangskonzentration ist. Neben Spurenstoffen werden auch Trübung und mikrobiologische Verunreinigungen entfernt.	Mit der Umkehrosmose werden unter grossem Energieeinsatz sämtliche Inhaltsstoffe aus dem Wasser entfernt. Falls genügend Rohwasser (z. B. bei einem See) zur Verfügung steht, kann der Einsatz von Chemikalien und Energie reduziert werden. Neben Spurenstoffen werden auch Trübung und mikrobiologische Verunreinigungen entfernt. Aufgrund der Komplexität des Verfahrens nur für grosse Aufbereitungsanlagen geeignet. Umkehrosmose muss mit einer Vorbehandlung kombiniert werden.
Effektiv für weitere PSM?	Eliminationsleistung hängt vom spezifischen PSM und der gewählten Kohle ab.	Eliminationsleistung hängt vom spezifischen PSM und der gewählten Kohle ab.	Effektiv bei der Elimination einiger PSM, abhängig von der molekularen Abtrennungsgrösse	Effektiv für jegliche PSM
Effektiv für PFAS?	Besser geeignet für langkettige PFAS, schnelle Sättigung für kurzkettige PFAS. Eliminationsleistung hängt vom spezifischen PFAS und der gewählten Kohle ab	Pulveraktivkohle weniger effektiv als granulierte Aktivkohle.	Effektiv bei der Elimination eines Grossteils der PFAS (abhängig von der molekularen Abtrennungsgrösse)	Effektiv für alle PFAS
Betrieb und Unterhalt	Einfacher Betrieb und Unterhalt Aktivkohle muss häufig ausgewechselt werden	Sehr anspruchsvoller Betrieb und Unterhalt (verschiedene Rückspülungen, Chemikalien, Pulveraktivkohle)	Anspruchsvoller Unterhalt (verschiedene Rückspülungen, Chemikalien)	Anspruchsvoller Unterhalt (verschiedene Rückspülungen, Chemikalien)

Verfahren:	Granulierte Aktivkohle	Pulveraktivkohle kombiniert mit Ultrafiltration	Nanofiltration	Umkehrosmose
Umsetzungsdauer, bis Anlage in Betrieb	5 – 15 Jahre	5 – 15 Jahre	5 – 15 Jahre	5 – 15 Jahre
Vorteile	– Einfacher Betrieb und Unterhalt – Kein Chemikalienbedarf – Chlorothalonil-Metaboliten werden aus dem Wasserkreislauf entfernt – Leicht skalierbar	– Geringerer Bedarf an Aktivkohle – Auch bei hoher und wechselnder Trübung einsetzbar – Chlorothalonil-Metaboliten werden aus dem Wasserkreislauf entfernt – Energieverbrauch geringer als bei Nanofiltration oder Umkehrosmose – Mit Pulveraktivkohle-Dosierung kann flexibel auf sich ändernde Rohwasserkonzentrationen eingegangen werden – Hält ebenfalls Mikroorganismen zurück	– Kosten und Endkonzentration unabhängig von Rohwasserkonzentration bei Vollstrombehandlung – Weitere Spurenstoffe werden zurückgehalten – Geeignet für Konzentrationen grösser als 0.5 µg/L – Hält ebenfalls Mikroorganismen zurück	– Kosten und Endkonzentration unabhängig von Rohwasserkonzentration bei Vollstrombehandlung – Alle Spurenstoffe werden zurückgehalten – Hält ebenfalls Mikroorganismen zurück (Vollstrom)
Nachteile	– Aufbereitungsleistung hängt von Ausgangskonzentration ab – Häufiger Wechsel der Aktivkohle notwendig für genügende Eliminationsleistung – Weitere Stoffe im Rohwasser können die Eliminationsleistung verringern – Abnehmende Wasserqualität mit Sättigung der Kohle – Je nach Herkunft: Herstellung der Kohle	– System komplex, Anwendung von Pulveraktivkohle ist umständlich – Energieeinsatz für Aufbereitung – Aufbereitungsleistung hängt von Ausgangskonzentration ab – Entsorgung Pulveraktivkohle noch nicht geklärt – Je nach Herkunft: Herstellung der Kohle	– Hoher Energiebedarf – Chemikalienbedarf (Reinigung, Schutz der Membran) – Eventuell Bedarf zur Remineralisierung – Entsorgung von Konzentrat unklar – Je nach Entsorgung von Konzentrat werden Metaboliten nicht aus Wasserkreislauf entfernt	– Sehr hoher Energiebedarf – Chemikalienbedarf (Reinigung, Schutz der Membran) – Bedarf zu Remineralisierung (bei Vollstrom) – Nicht für hohe Konzentrationen geeignet (Teilstrom) – Geringe Ausbeute – Entsorgung von Konzentrat unklar – Je nach Entsorgung von Konzentrat werden Metaboliten nicht aus Wasserkreislauf entfernt

Anhang B: Annahmen und Vorgehen zur Kostenschätzung

Nachfolgend werden die verschiedenen Schritte mit den Annahmen zur Berechnung der massgebenden Fassungen, für welche eine Aufbereitung in Frage kommt, beschrieben.

1. Kombination der Datensätze

Verwendete Datensätze:

– Für die Messdaten der Fassungen (NAQUA-Datensatz) stehen die Koordinaten der Fassungen zur Verfügung.

– Bei der SVGW-Statistik ist für die jeweiligen Wasserversorgungen die Information zur jeweiligen politischen Gemeinde zur Verfügung.

In QGIS wurden die Fassungen in Bezug auf ihre geografische Lage jeweils der Gemeinde und der Wasserversorgung zugeordnet. *Annahme: Die Fassung liegt in derjenigen Gemeinde, in welcher auch die Wasserversorgung liegt, welche mit dem Wasser der Fassung versorgt wird*.

2. Auswahl der Fassungen

Die NAQUA-Daten für Chlorothalonil-Metaboliten umfassen Messstellen, welche unter 1000 m ü. M. liegen. Aus diesem Grund und weil Chlorothalonil hauptsächlich im Mittelland grossflächig eingesetzt wurde, werden nur diejenigen Fassungen, welche in der Tal- oder Hügelzone (gemäss Karte der landwirtschaftlichen Zonen und Gebiete) liegen, weiter betrachtet.

3. Auswertung der Datensätze

Von den beiden Datensätzen wurden die folgenden Daten verwendet:

– NAQUA-Datensatz: Konzentrationsbereich der Chlorothalonil-Metaboliten (<0.1 µg/L, 0.1-0.5 µg/L, 0.5-1.0 µg/L und >1.0 µg/L)

– SVGW-Wasserstatistik: Versorgte Einwohner durch Wasserversorgung, mittlere genutzte Grundwassermenge

Basierend auf der genutzten Grundwassermenge wurde die Anlage in die drei Grössenklassen kategorisiert (< 1'000 m^3/d, 1'000-10'000 m^3/d und >10'000 m^3/d). *Annahme: Die genutzte Grundwassermenge bezieht sich jeweils auf ein Pumpwerk. Die Anlage wird auf eine Kapazität ausgelegt, welche doppelt so hoch ist, wie die mittlere Grundwassernutzung (Spitzenfaktor von 2). Es wird daher angenommen, dass pro Wasserversorgung eine massgebende Fassung, bei welcher eine Aufbereitung in Frage kommt, vorhanden ist.*

4. Hochrechnung auf die Schweiz

Die kombinierten Datensätze decken 2.2 Mio. versorgte Einwohner ab. Gesamthaft leben in der Tal- und Hügelzone 8.1 Mio. Einwohner. *Annahme: die Anzahl massgebenden Fassungen ist proportional zur Anzahl versorgten Einwohner.*

Die Anzahl massgebender Fassungen für die Schweiz (Tal- und Hügelzone) wird entsprechend über die Anzahl versorgter Einwohner hochgerechnet. Damit wurde die Anzahl

massgebender Fassungen, für welche aufgrund von den gemessenen Konzentrationen eine Aufbereitung in Frage kommt, berechnet. Diese Zahl ist deutlich geringer als die Gesamtzahl an Quell- und Grundwasserfassungen, welche in diesem Gebiet liegen.

5. Umsetzungsvarianten

Mittels verschiedenen Umsetzungsvarianten wird die Anzahl Fassungen, für welche eine Aufbereitung/Massnahmen sinnvoll und notwendig sind, festgelegt. Als realistische Varianten sind die Varianten 2 und 3 gedacht. Diese wurden auch mittels Plausibilisierung überprüft. *Annahme: Eine Aufbereitung wird erst realisiert, falls alle weiteren Massnahmen ausgeschöpft sind (*Mischen*, Bezug von Drittversorgungen). Die Kosten wurden über die Aufbereitung abgeschätzt, falls möglich sollen diese Kosten jedoch für Vernetzung eingesetzt werden.*

Für die Betrachtung der Kosten wurden die folgenden Umsetzungsvarianten definiert:

- **Variante 1**: Eckvariante, bei allen massgebenden Fassungen, welche den Wert von 0.1 µg/L überschreiten, werden Massnahmen ergriffen (zusätzliche Vernetzung, Aufbereitung, usw.)
- **Variante 2**: Realistische Grössenordnung nach heutigem Wissensstand ohne Berücksichtigung der natürlichen Auswaschung aus dem Grund- und Quellwasser
- **Variante 3**: Realistische Grössenordnung nach heutigem Wissensstand mit Berücksichtigung der natürlichen Auswaschung aus dem Grund- und Quellwasser

6. Plausibilisierung

Die Anzahl massgebender Fassungen, für welche Massnahmen notwendig sind (Variante 2) wurden mit Hilfe der Kantone Zürich, Bern und Waadt plausibilisiert. Der hydrogeologische Grundalgenbericht lag zum Zeitpunkt der Plausibilisierung noch nicht vor, daher wurden die Ergebnisse von Variante 2 plausibilisiert.

Für die Kantone wurden jeweils die Anzahl Fassungen, für welche Massnahmen benötigt werden, abgeschätzt und dann mit der Anzahl Einwohner auf einen spezifischen Wert (Anzahl Fassungen/Einwohner) berechnet:

Tabelle B-1: Plausibilisierung mit Hilfe der Kantone Bern, Waadt und Zürich

Kanton	Anzahl Fassungen mit Massnahmen	Einwohner	Anzahl Fassungen/Einwohner
Bern	8	1'050'000	$7.4*10^{-6}$
Zürich	12	1'580'000	$7.6*10^{-6}$
Waadt	33	830'000	$4.0*10^{-5}$

Annahme: Die Fassungen werden nur berücksichtigt, wenn die Wasserversorgungen bereits über ein zweites Standbein verfügen und die Massnahme dem Hauptzweck dient, die Konzentrationen an Chlorothalonil-Metaboliten zu senken.

Die Plausibilisierung der Kantone zeigt, dass die Anzahl Fassungen pro Einwohner für die Kantone Zürich und Bern sehr ähnlich ist, jedoch deutlich höher für den Kanton Waadt. Basierend darauf wurden die Kantone in drei Kategorien unterteilt:

- **Kategorie 1:** Mässige Verbreitung von hohen Konzentrationen an Chlorothalonil-Metaboliten, gut vernetzt, gute Mischmöglichkeit (z. B. See), $7.5*10^{-6}$ Fassungen pro Einwohner
- **Kategorie 2**: Zwischen Kategorie 1 und 3, $2.4*10^{-5}$ Fassungen pro Einwohner
- **Kategorie 3:** Starke Verbreitung von hohen Konzentrationen an Chlorothalonil-Metaboliten, schlechte Mischmöglichkeiten (z. B. grosse Grundwasserleiter ebenfalls betroffen); $4.0*10^{-5}$. Fassungen pro Einwohner

Mit den jeweiligen Einwohnerzahlen wurden dann die Anzahl Fassungen, welche in der Schweiz Massnahmen benötigen, berechnet.

Die Plausibilisierung ergab eine Gesamtzahl von 114 Fassungen, welche in der Schweiz ungefähr Massnahmen benötigen. Diese Zahl passt mit dem Resultat von Variante 2 überein. Eine genaue Angabe ist mit den vorhandenen Daten nicht möglich, aber die verschiedenen Abschätzungen zeigen, dass gesamtschweizerisch bei ungefähr 100 Fassungen Massnahmen notwendig sein können.

Anhang C: Generelle Annahmen zur Kostenschätzung

Für die Kostenschätzung der verschiedenen Umsetzungsvarianten wurden folgende generelle Annahmen getroffen:

- Realzins: 2 %
- Die Nennleistung beträgt 50 % der Kapazität der Aufbereitungsanlage
- Spezifische Stromkosten: 0.16 CHF/kWh
- Spezifischer Stromverbrauch: 0.075 kWh/m^3
- Nutzungsdauern angelehnt an SVGW W1006_d_2009:
  - Gebäude, Leitungen: 50 Jahre
  - Ausrüstungsanlagen: 15 bis 20 Jahre

Anhang D: Kostengrundlagen nach Aufbereitungsverfahren

Tabelle D-1: Übersicht

Kosten berechnet mit Nutzungsdauern gemäss nach SVGW W1006_d_2009, beschränkt auf maximal 50 Jahre						
	Granulierte Aktivkohlefilter		Pulveraktiv-kohle kombiniert mit Ultrafiltration	Nanofiltration		Umkehr-osmose
	1'000 m^3/d	10'000 m^3/d	10'000 m^3/d	1'000 m^3/d	10'000 m^3/d	10'000 m^3/d
Investitionskosten: Aufbereitung (CHF)	1'450'000	4'700'000	4'600'000	990'000	5'600'000	5'800'000
Investitionskosten: Leitungsbau (CHF)	1'000'000	1'000'000	1'000'000	1'000'000	1'000'000	1'000'000
Kapitalkosten (CHF/m^3) nur Aufbereitung	0.35	0.11	0.13	0.30	0.19	0.26
Kapitalkosten (CHF/m^3) inkl. Leitungsbau	0.53	0.13	0.15	0.47	0.21	0.27
Betriebskosten (CHF/m^3)	0.26	0.18	0.18	0.48	0.38	0.64
Total Kosten (CHF/m^3) nur Aufbereitung	0.61	0.30	0.31	0.78	0.56	0.90
Total Kosten (CHF/m^3) inkl. Leitungsbau	0.79	0.31	0.33	0.95	0.58	0.91
Energiebedarf (kWh/a)	14'000	137'000	250'000	73'000	730'000	1'500'000

Kosten berechnet mit Nutzungsdauern gemäss nach SVGW W1006_d_2009, beschränkt auf maximal 20 Jahre						
	Granulierte Aktivkohlefilter		Pulveraktiv-kohle kombiniert mit Ultrafiltration	Nanofiltration		Umkehr-osmose
	1'000 m^3/d	10'000 m^3/d	10'000 m^3/d	1'000 m^3/d	10'000 m^3/d	10'000 m^3/d
Investitionskosten: Aufbereitung (CHF)	1'450'000	4'700'000	4'600'000	990'000	5'600'000	5'800'000
Investitionskosten: Leitungsbau (CHF)	1'000'000	1'000'000	1'000'000	1'000'000	1'000'000	1'000'000
Kapitalkosten (CHF/m^3) nur Aufbereitung	0.49	0.16	0.18	0.39	0.22	0.29
Kapitalkosten (CHF/m^3) inkl. Leitungsbau	0.82	0.19	0.21	0.73	0.25	0.32
Betriebskosten (CHF/m^3)	0.26	0.18	0.18	0.48	0.38	0.64
Total Kosten (CHF/m^3) nur Aufbereitung	0.75	0.34	0.36	0.88	0.60	0.93
Total Kosten (CHF/m^3) inkl. Leitungsbau	1.09	0.37	0.39	1.21	0.63	0.96
Energiebedarf (kWh/a)	14'000	137'000	250'000	73'000	730'000	1'500'000

Tabelle D-2: Granulierte Aktivkohle

Kapazität	**1'000**	**m3/d**			
Investitionskosten					
	Investitions-kosten (CHF)	**n (Jahre)**	**Kapital-kosten (CHF/a)**	**Kapital-kosten (CHF/m³)**	
Bau	850'000	50	27'000		Erfahrungswert HOLINGER AG
Ausrüstung	600'000	20	37'000		Erfahrungswert HOLINGER AG
					Plausibilisierung mit Kosten aus Bericht Lausanne (0.26
Total	**1'450'000**		**64'000**	**0.35**	CHF/m3)
Betriebskosten					
					Annahme: Austausch nach 38009 EBV, 1500 CHF/m3
Aktivkohle	15'000	CHF/a			Aktivkohle
Energie	2'000	CHF/a			Annahme: 0.075 kWh/m3
Abwasser	2'000	CHF/a			Annahme 1% der Produktion
Ersatzteile	17'500	CHF/a			
Chemikalien	500	CHF/a			Annahme HOLINGER
Personalkosten	11'000	CHF/a			
Total	**48'000**	**CHF/a**			
	0.26	**CHF/m3**			
Energiebedarf					
	14'000	kWh/a			Annahme: 0.075 kWh/m3

Quelle: Abschätzung Holinger, 2023

Kapazität	**10'000**	**m3/d**			
Investitionskosten					
	Investitions-kosten (CHF)	**n (Jahre)**	**Kapital-kosten (CHF/a)**	**Kapital-kosten (CHF/m³)**	
Bau	2'800'000	50	89'000		Erfahrungswert HOLINGER AG
Ausrüstung	1'900'000	20	116'000		Erfahrungswert HOLINGER AG
Total	**4'700'000**		**205'000**	**0.11**	
Betriebskosten					
					Annahme: Austausch nach 38009 EBV, 1500 CHF/m3
Aktivkohle	150'000	CHF/a			Aktivkohle
Energie	22'000	CHF/a			
Abwasser	20'000	CHF/a			Annahme 1% der Produktion
Ersatzteile	120'000	CHF/a			
Chemikalien	5'000	CHF/a			Annahme HOLINGER
Personalkosten	16'500	CHF/a			Annahme HOLINGER: 50% höher als bei kleiner Anlage
Total	**333'500**	**CHF/a**			
	0.18	**CHF/m3**			
Energiebedarf					
	137'000	kWh/a			Annahme: 0.075 kWh/m3

Quelle: Abschätzung Holinger, 2023

Tabelle D-3: Pulveraktivkohle kombiniert mit Ultrafiltrationsmembran

Kapazität	**10'000**	**m3/d**			
Ausbeute	**95%**				
Investitionskosten					
	Investitions-kosten (CHF)		**n (Jahre)**	**Kapital-kosten (CHF/a)**	**Kapital-kosten (CHF/m^3)**
Bau	2'800'000		50	89'000	Erfahrungswert HOLINGER AG
Ausrüstung	1'800'000		15	140'000	Basierend auf Angaben SGW
Total	**4'600'000**			**229'000**	**0.13**
Betriebskosten					
Chemikalien	190'000	CHF/a			Basierend auf Angaben SGW
Energie	40'000	CHF/a			
Abwasser	16'500	CHF/a			Basierend auf Angaben SGW
Ersatzteile	51'000	CHF/a			
Personalkosten	31'000	CHF/a			Abschätzung HOLINGER
Total	**328'500**	**CHF/a**			
	0.18	**CHF/m3**			
Energiebedarf					
	250'000	kWh/a			Basierend auf Angaben SGW

Quelle: Abschätzung Holinger, 2023

Tabelle D-4: Nanofiltration

Kapazität	**1'000**	**m3/d**			
Ausbeute	**85%**				
Investitionskosten					
	Investitions-kosten (CHF)	**n (Jahre)**	**Kapital-kosten (CHF/a)**	**Kapital-kosten (CHF/m³)**	
Bau	500'000	50	16'000		Erfahrungswert HOLINGER
Ausrüstung	490'000	20	30'000		Basierend auf Angaben Bericht Lausanne
Total	**990'000**		**46'000**	**0.30**	
Betriebskosten					
Energie	12'000	CHF/a			
Abwasser	27'500	CHF/a			Annahme: 10% von Produktion
Ersatzteile	15'000	CHF/a			
Chemikalien	5'000	CHF/a			Abschätzung HOLINGER
Personalkosten	15'500	CHF/a			Abschätzung HOLINGER
Total	**75'000**	**CHF/a**			
	0.48	**CHF/m3**			
Energiebedarf					
	73'000	kWh/a			Basierend auf Angaben Bericht Lausanne

Quelle: Abschätzung Holinger, 2023

Kapazität	**10'000**	**m3/d**			
Ausbeute	**85%**				
Investitionskosten					
	Investitions-kosten (CHF)	**n (Jahre)**	**Kapital-kosten (CHF/a)**	**Kapital-kosten (CHF/m³)**	
Bau	1'700'000	50	54'000		
Ausrüstung	3'900'000	20	239'000		Annahme: Membran bleiben gleich, Pumpen, etc. werden günstiger für grössere Anlage
Total	**5'600'000**		**293'000**	**0.19**	
Betriebskosten					
Energie	117'000	CHF/a			
Abwasser	274'000	CHF/a			
Ersatzteile	118'000	CHF/a			
Chemikalien	50'000	CHF/a			
Personalkosten	23'000	CHF/a			
Total	**582'000**	**CHF/a**			50% mehr Aufwand als für kleine Anlage
	0.38	**CHF/m3**			
Energiebedarf					
	730'000	kWh/a			

Quelle: Abschätzung Holinger, 2023

Tabelle D-5: Umkehrosmose

Kapazität	**10'000**	**m3/d**			
Ausbeute	**80%**				
Investitionskosten					
	Investitions-kosten (CHF)	**n (Jahre)**	**Kapital-kosten (CHF/a)**	**Kapital-kosten (CHF/m^3)**	
Bau	1'700'000	50	54'000		Abschätzung HOLINGER
Ausrüstung	4'100'000	15	319'000		Basierend auf Angaben SGW
Total	**5'800'000**		**373'000**	**0.26**	
Betriebskosten					
Chemikalien	510'000	CHF/a			Basierend auf Angaben SGW
Energie	240'000	CHF/a			
Abwasser	274'000	CHF/a			Annahme 10% von Produktion
Ersatzteile	123'000	CHF/a			
Personalkosten	23'000	CHF/a			Abschätzung HOLINGER
Total	**1'170'000**	**CHF/a**			
	0.64	**CHF/m3**			
Energiebedarf					
	1'500'000	kWh/a			Basierend auf Angaben SGW

Quelle: Abschätzung Holinger, 2023

Anhang E: Annahmen zur Hochrechnung nach Umsetzungs-varianten

Tabelle E-1: Annahmen der Anzahl Fassungen zur Hochrechnung der Kosten nach den vier verschiedenen Umsetzungsvarianten

Variante 1

Alle Grundwasserfassungen mit Konzentrationen >0.1 µg/L werden mit einer Aufbereitung aufgerüstet.

Annahme

100% der Anlagen > 10'000 m3/d brauchen Aufbereitung
100% der Anlagen 1'000 - 10'000 m3/d brauchen Aufbereitung
100% der Anlagen > 10'000 m3/d brauchen Aufbereitung

Anlagen mit Aufbereitung

	Konzentration Chlorothalonil-Metaboliten (µg/L)			
Grösse der Anlage	**<0.1**	**0.1-0.5**	**0.5-1**	**>1**
<1'000 m3/d	0	70	40	25
1'000-10'000 m3/d	0	75	10	5
>10'000 m3/d	0	15	5	5

Total	**250**

Variante 2

Diejenigen Grundwasserfassungen werden mit Aufbereitung aufgerüstet, damit alle Wasserversorger Wasser mit Konzentrationen <0.1 µg/L abgeben können.

Annahme

25% der Anlagen < 1'000 m3/d brauchen Aufbereitung
50% der Anlagen 1'000 - 10'000 m3/d brauchen Aufbereitung
100% der Anlagen > 10'000 m3/d brauchen Aufbereitung

Anlagen mit Aufbereitung

	Konzentration Chlorothalonil-Metaboliten (µg/L)			
Grösse der Anlage	**<0.1**	**0.1-0.5**	**0.5-1**	**>1**
<1'000 m3/d	0	18	10	6
1'000-10'000 m3/d	0	38	5	3
>10'000 m3/d	0	15	5	5

Total	**104**

Variante 3

Diejenigen Grundwasserfassungen werden mit Aufbereitung aufgerüstet, damit alle Wasserversorger Wasser mit Konzentrationen <0.1 µg/L abgeben können. Dabei wird eine mittlere Umsetzungsdauer von 10 Jahren angenommen und ein Entscheid vom Bundesgericht 5 Jahre nach Verbot. Nach dem Bericht hydrogeologische Grundlagen wird der Anteil der nach 15 Jahren noch betroffenen Fassungen abgeschätzt.

Annahme

20% der Anlagen über 0.5 von Szenario 2
10% der Anlagen 0.1- 0.5 von Szenario 2

Anlagen mit Aufbereitung

	Konzentration Chlorothalonil-Metaboliten (µg/L)			
Grösse der Anlage	**<0.1**	**0.1-0.5**	**0.5-1**	**>1**
<1'000 m3/d	0	2	2	1
1'000-10'000 m3/d	0	4	1	1
>10'000 m3/d	0	2	1	1

Total	**14**

Variante 4

Annahme, dass Höchstwert EU (Summe 20 PFAS) zukünftig auch für die Schweiz gilt.
Annahme, dass gleicher Anteil der betroffenen Fassungen wie bei Chlorothalonil Massnahmen benötigen.

Annahme

Anlagen mit Aufbereitung

Grösse der Anlage	**> 0.1**
<1'000 m3/d	2
1'000-10'000 m3/d	0
>10'000 m3/d	3
Total	**5**

Literaturverzeichnis

ARCADIS (2021)
Entscheidungsgrundlagen für den Vollzug bei PFAS-belasteten Standorten. Expertenbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU.

BAFU (Hrsg.) (2022a),
Chlorothalonil-Metaboliten im Grundwasser: https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/fachinformationen/zustand-der-gewaesser/zustand-des-grundwassers/grundwasser-qualitaet/pestizide-im-grundwasser/chlorothalonil-metaboliten-im-grundwasser.html, letzter Zugriff 27.11.2023

BAFU (Hrsg. 2022b)
Aktueller Stand des VASA-Fonds https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/altlasten/fachinformationen/altlastenfinanzierung/aktueller-stand-des-vasa-fonds.html, letzter Zugriff, 27.11.2023

BAFU (Hrsg.) (2014)
Grundlagen für die Wasserversorgung 2025. Risiken, Herausforderungen und Empfehlungen.

BAFU (Hrsg.) (2018)
Sicherstellung von Ökosystemleistungen, Leitfaden zur Identifikation von Finanzierungsbedarf und Finanzierungsinstrumenten.

BAFU (Hrsg.) (2020)
Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA. Chlorothalonil-Metaboliten im Grundwasser.

BAFU (Hrsg.) (2021)
Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA. Pilotstudie PFAS im Grundwasser.

BAFU (Hrsg.) (2023)
PFAS im Grundwasser: https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/fachinformationen/zustand-der-gewaesser/zustand-des-grundwassers/grundwasser-qualitaet/pfas-im-grundwasser.html, letzter Zugriff 27.11.2023

BAFU (Hrsg.) (2023b)
Vollzugshilfe für die Bestimmung der Realleistungs-, Kostentragungs- und Sicherstellungspflichten nach dem Altlastenrecht.

Bundesrat (2020)
Stellungnahme des Bundesrats zum Bericht der Kommission für Wirtschaft und Abgaben des Ständerats (3. Juli 2020), Bericht zur Parlamentarischen Initiative „Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren“. 19. August 2020.

BLV, BAFU (Hrsg.) (2022)
Umsetzung des Protokolls Wasser und Gesundheit in der Schweiz, Bewertung der von 2019 bis 2021 erzielten Fortschritte nach Artikel 7 des Protokolls, April 2022.

BWL und BAFU (Hrsg.) (2021)
Kurz erklärt: Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in schweren Mangellagen.

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE (Hrsg.) (2021)
Stromverbrauch eines typischen Haushalts, Faktenblatt August 2021

Freiburghaus Matthias (2023)
Wasserstatistik Ergebnisse der Erhebung zum Betriebsjahr 2021. Aqua & Gas, 30. März 2023.

Finger, R., Böcker, T., Möhring, N. & Dalhaus, T. (2016)
Ökonomische Analyse des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln – Risikoaspekte und Lenkungsabgaben. Bericht zu Händen des Bundesamts für Landwirtschaft, ETH Zürich und Universität Bonn.

Gesundheitsdirektion: Kantonales Labor Zürich, Baudirektion: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (2020)
Grund- und Trinkwasser im Kanton Zürich: Rückstände von Chlorothalonil-Metaboliten.

Hauret et al. (2022)
Cas : Eau provenant de l'adduction de Thierrens exploitée par le service de l'eau de Lausanne, Aqua et Gas N°6, 2022

Kommission für Wirtschaft und Abgaben des Ständerats (2020)
Bericht zur Parlamentarischen Initiative „Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren". 3. Juli 2020.

Möckel S., Gawel E., Liess M., Neumeister L. (2021)
Wirkung verschiedener Abgabenkonzepte zur Reduktion des Pestizideinsatzes in Deutschland – eine Simulationsanalyse.

Plattform Grundwasserschutz (Hrsg.) (2023)
Grundlagen für die Beantwortung des Postulats 20.4087. Abschätzung der mittleren Verweilzeit des in der Schweiz zur Trinkwasserversorgung geförderten Grundwassers mit einer Gefährdung durch Fremdstoffeinträge aus der Landwirtschaft.

Preisüberwacher, Gebührenvergleichs-Website (o.J.)
Werte für niedrigste und höchste 25 % bzw. 75 % Perzentilwerte für die drei untersuchten Haushaltstypen.
https://www.preisvergleiche.preisueberwacher.admin.ch/?z=5&i=4&c=2&term=bern&name=Bern, letzter Zugriff am 11.10.2023

Seeländische Wasserversorgung Worben SGW (Hrsg.) (2022)
SPAK-UF Pilotversuche, Endbericht, Dezember 2022 mit zusätzlichen Angaben von R. Wiget, Telefonat vom 14.08.2023

SIA 103:2020
Ordnung für Leistungen und Honorare der Bauingenieurinnen und Bauingenieure, Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein

Ville de Lausanne, Service de l'eau (2023)
Rapport des essais pilotes 2020-2023, Traitement des métabolites du chlorothalonil dans l'eau potable, Mai 2023