



Sicherung von privaten Kleinanlagen zur Eigenversorgung mit Trinkwasser in Bayern



wasser



Sicherung von privaten Kleinanlagen zur Eigenversorgung mit Trinkwasser in Bayern

Impressum

Sicherung von privaten Kleinanlagen zur Eigenversorgung mit Trinkwasser in Bayern

Diese Veröffentlichung basiert auf dem Forschungsvorhaben „Möglichkeiten der Sicherung von Einzelwasserversorgungen in Bayern mittels Trinkwasseraufbereitung“ (Projektdauer: 2009 – 2011)

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
Fax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de/

Konzept/Text:

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasser, Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH,
Moritzstraße 26, 45476 Mülheim an der Ruhr

Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik,
Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg

Redaktion:

LfU, Referat 91

Bildnachweis:

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Stand:

Juli 2018, überarbeitet: November 2018

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Regionale Verteilung und typische Belastungen der privaten Kleinanlagen zur Eigenversorgung	7
2.1	Regionale Verteilung	7
2.2	Häufigste Belastungen der Rohwässer von Kleinanlagen	8
2.2.1	Mikrobiologische Belastung	8
2.2.2	Trübstoffe und Partikel	9
2.2.3	Korrosion	9
2.2.4	Nitrat	10
2.2.5	Pflanzenschutzmittel (PSM)	10
2.2.6	Arsen	11
2.2.7	Weitere mögliche Belastungen	11
2.3	Probleme in bereits installierten Aufbereitungsanlagen	12
3	Gefährdungsanalyse des Standorts der Wassergewinnung	13
4	Entscheidung über die Notwendigkeit einer Aufbereitung	15
5	Vorgehensweise bei der Planung einer Aufbereitungsanlage	16
5.1	Analyse der Rohwasserqualität	16
5.2	Beachtung der rechtlichen Rahmenbedingungen	16
5.3	Einbeziehung des Gesundheitsamtes und weiterer Fachleute	17
5.4	Formulierung des Aufbereitungsziels	17
5.5	Auswahl des Aufbereitungsverfahrens	17
5.5.1	Entfernung von Trübstoffen und Partikeln als Vorbehandlung	17
5.5.2	Desinfektion	18
5.5.3	Entsäuerung und Stabilisierung	19
5.5.4	Nitratentfernung	20
5.5.5	Entfernung von Pflanzenschutzmitteln und deren Metaboliten	21
5.5.6	Entfernung von Arsen	22
5.6	Dimensionierung und Aufbereitungskonzept	23

6	Hinweise zu Planung und Betrieb von Aufbereitungsanlagen für private Kleinanlagen	25
6.1	Planung	25
6.2	Installation und Inbetriebnahme	25
6.3	Inspektion und Wartung	26
6.4	Überwachung und Kontrolle	26
7	Beschreibung und Bewertung von Aufbereitungsgeräten	28
7.1	Filtration zur Trübstoffentfernung	29
7.1.1	Nicht spülbare Feinfilter	29
7.1.2	Ultra- und Mikrofiltration	30
7.2	UV-Desinfektion	31
7.3	Entsäuerung durch Filtration über Calciumcarbonat	32
7.4	Nitratentfernung durch Ionenaustausch	33
7.5	PSM-Entfernung durch Adsorption an Aktivkohle	34
7.6	Arsenentfernung durch Adsorption an granuliertem Eisenhydroxid	35
7.7	Umkehrosmose zur Entfernung von Nitrat, PSM und Arsen	36
7.8	Speicher	37
8	Checkliste zur Angebotsanfrage/Ausschreibung	37
9	Quellen, Literatur, Links	39

Anhang

1 Einleitung

Ein uneingeschränkter Zugang zu sicherem Trinkwasser ist in Deutschland durch die zentrale öffentliche Wasserversorgung jederzeit gewährleistet. Gesichert wird dies insbesondere durch geschützte Rohwasserressourcen, ausgereifte Technik, fachkundige Wasserversorgungsunternehmen und nicht zuletzt durch engmaschige Kontrollen der Wasserqualität. Generell bedeutet ein Anschluss an die zentrale Trinkwasserversorgung für den Verbraucher eine hohe Versorgungssicherheit.



Abb. 1:
Berghütte in abge-
schiedener Lage

In Ausnahmefällen kann ein Anschluss an die zentrale Trinkwasserversorgung nicht sinnvoll sein, wenn z. B. aufgrund von abgeschiedenen Lagen einzelner Anwesen (z. B. Einzelsiedlungen, Berghütten, siehe Abb. 1) lange Leitungen notwendig werden und so hohe Stagnationszeiten auftreten, dass daraus hygienische Probleme resultieren können. In diesen Fällen kann die Errichtung einer privaten Kleinanlage zur Eigenversorgung eine sinnvolle Alternative darstellen. Gemäß Trinkwasserverordnung (TrinkwV) sind unter Kleinanlagen zur Eigenversorgung solche Wasserversorgungsanlagen einschließlich der dazugehörigen Trinkwasser-Installation zu verstehen, aus denen pro Tag weniger als 10 Kubikmeter Trinkwasser ausschließlich zur eigenen Nutzung entnommen werden und nicht im Rahmen einer gewerblichen oder öffentlichen Tätigkeit abgegeben werden, z. B. im Rahmen der Vermietung einer Ferienwohnung. Das genutzte Wasser unterliegt ebenso uneingeschränkt den strengen Anforderungen der Trinkwasserverordnung wie das der zentralen Trinkwasserversorgung.

Oftmals kann aber im Nahbereich von Einzelanwesen kein Wasser mit Trinkwasserqualität bzw. kein ausreichend geschütztes Wasser erschlossen werden, sodass die gewonnenen Rohwässer nicht ohne Aufbereitung zu Trinkwasserzwecken genutzt werden können. Zur Kleinanlage gehören neben der in diesem Leitfadens betrachteten Aufbereitung auch die Gewinnung und die Trinkwasser-Installation. Beide sind für eine sichere Versorgung mit einwandfreiem Trinkwasser ebenso entscheidend und müssen daher ebenfalls ordnungsgemäß errichtet und betrieben werden. Hierzu sei auf zwei Broschüren des Umweltbundesamtes mit den Titeln „Gesundes Trinkwasser aus eigenen Brunnen und Quellen“ und „Trink was - Trinkwasser aus dem Hahn“ verwiesen (siehe Kapitel 9). Der Betrieb von Kleinanlagen ist mit einem hohen Betreuungsaufwand verbunden, welcher fachmännisches Wissen erfordert. Auch fallen Kosten an, die in der Regel weit oberhalb der Kosten für Trinkwasser aus der zentralen Wasserversorgung liegen.

Hinweise auf potenzielle Gefährdungen des Rohwassers einer Kleinanlage liefert eine Gefährdungsanalyse der Wassergewinnung. Wurden alle bei der Gefährdungsanalyse vereinbarten Maßnahmen zum Schutz des Rohwassers und zur Funktionsfähigkeit der Wassergewinnung erfolgreich durchgeführt und weist das Rohwasser trotz dieser Maßnahmen Belastungen mit gesundheitsgefährdenden oder technisch und sensorisch störenden Stoffen auf, muss eine Aufbereitung installiert werden (siehe hierzu Kapitel 5.2).

Aufbereitungsanlagen für Kleinanlagen sind verfahrenstechnisch komplex und aus heutiger Sicht in den überwiegenden Fällen nicht kostengünstig. Werden die Anlagen zudem ohne fachmännische Unterstützung geplant und betrieben, kann es durch Qualitätsbeeinträchtigungen zu einer erheblichen Gefährdung der Gesundheit der mit dem Trinkwasser versorgten Personen kommen. Auch können zusätzliche Kosten entstehen, die durch Fachleute vermeidbar gewesen wären.

Es ist daher erforderlich, bei der Planung und beim Betrieb der Aufbereitungsanlage fachmännische Beratung beispielsweise durch Ingenieurbüros, Anlagenbauer oder Installationsunternehmen einzuholen und das Gesundheitsamt hinzuzuziehen. Der hier vorliegende Leitfaden soll die Beteiligten bei ihrer Aufgabe unterstützen und mit hilfreichen Informationen versehen.

2 Regionale Verteilung und typische Belastungen der privaten Kleinanlagen zur Eigenversorgung

2.1 Regionale Verteilung

Der Anschlussgrad der bayerischen Bevölkerung an die öffentliche Wasserversorgung wird mit 99,2 % angegeben (UMWELTSTATISTIK BAYERN 2013). Über die tatsächliche Anzahl und die regionale Verteilung von privaten Kleinanlagen zur Eigenversorgung in Bayern liegen derzeit nur mittelbare Informationen vor. Ein genaues Inventar liegt nach Rechtslage dem zuständigen Gesundheitsamt vor, da auch Errichtung und Betrieb einer Kleinanlage zur Trinkwasserversorgung anzeigepflichtig sind. Haushalte, die sich über eine Kleinanlage versorgen, liegen dabei überwiegend in ländlich geprägten Gemeinden. Eine Abschätzung aufgrund einer Umfrage im Rahmen dieses Projektes im Jahr 2010 bei den bayerischen Gesundheitsämtern ergab mehr als 30.000 Kleinanlagen zur Eigenversorgung in Bayern. Abb. 2 zeigt den Anschlussgrad an die öffentliche Trinkwasserversorgung der Gemeinden. In Gemeinden mit einem geringen Anschlussgrad gibt es besonders viele private Kleinanlagen zur Eigenversorgung.

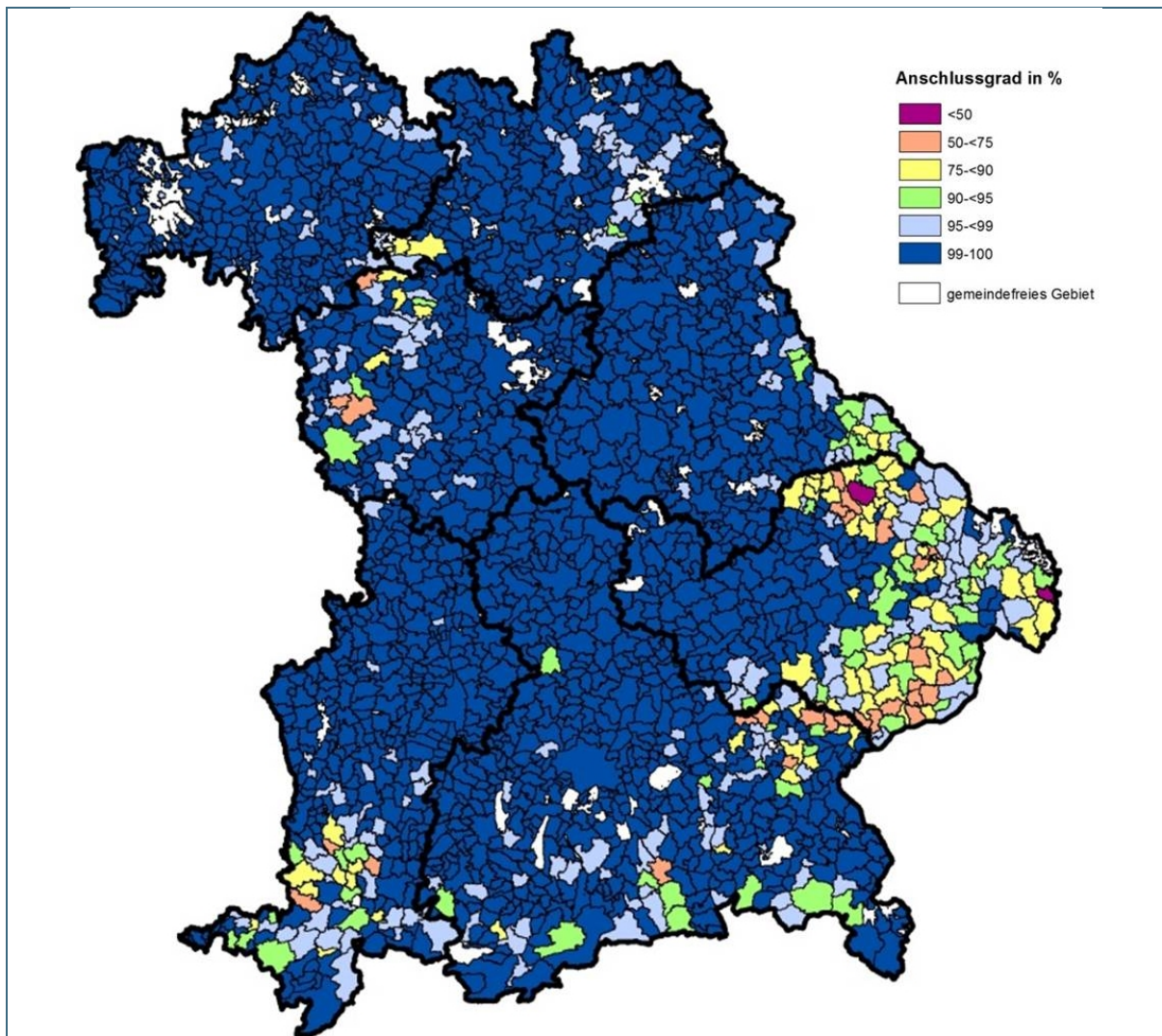


Abb. 2: Anschlussgrad an die öffentliche Trinkwasserversorgung in Bayern auf Gemeindeebene (UMWELTSTATISTIK BAYERN 2013)

2.2 Häufigste Belastungen der Rohwässer von Kleinanlagen

Im Rahmen der Erstellung des Leitfadens wurde im Jahr 2010 eine Umfrage bei den bayerischen Gesundheitsämtern durchgeführt, unter anderem auch zur Ermittlung der hauptsächlichlichen Gefährdungen des Trinkwassers bei bayerischen Kleinanlagen. Dabei handelt es sich vor allem um mikrobiologische Belastungen, in der Regel verbunden mit Trübstoffen, und eine zu hohe Calcitlösekapazität¹ mit einer daraus resultierenden hohen Korrosivität des Wassers (siehe auch Kapitel 2.2.3). Erst mit weitem Abstand folgen erhöhte Konzentrationen von Nitrat, Pflanzenschutzmitteln (PSM) oder Arsen.

Neben den genannten Parametern wurden in Einzelfällen auch andere Wasserinhaltsstoffe mit Gefährdungspotenzial wie beispielsweise Nickel oder Uran genannt.

2.2.1 Mikrobiologische Belastung

Mikrobiologische Belastungen des Trinkwassers stellen in bayerischen Kleinanlagen die häufigste und größte Gesundheitsgefährdung der Verbraucher dar. Mehr oder weniger eindeutige Hinweise auf mikrobiologische Belastungen bzw. auf einen Oberflächenwassereinfluss einer Kleinanlage sind sichtbare Eintrübungen im Rohwasser, steigende Wasserstände im Brunnen oder schnell und stark ansteigende Quellschüttungen nach Regenfällen. Doch auch Wässer ohne diese Merkmale, können mikrobiologische Belastungen aufweisen. Aus diesem Grund sollten die entsprechenden Wässer in regelmäßigen Abständen auf die mikrobiologisch relevanten Parameter (siehe Tab. 1 mit Grenzwerten) untersucht werden, wobei die in der Trinkwasserverordnung vorgeschriebene Untersuchung einmal pro Jahr in der Regel nicht ausreicht, um Belastungen zuverlässig zu erkennen. Damit ist beispielsweise eine mikrobiologische Verunreinigung der Wasserressource nach einem Starkregenereignis oftmals nicht zu erkennen.

Tab. 1: Grenzwerte für mikrobiologische Parameter und Indikatorparameter gemäß TrinkwV Anlage 1 und Anlage 3, Teil I

Parameter	Grenzwerte ²
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	0/100 ml
Enterokokken	0/100 ml
Coliforme Bakterien	0/100 ml
<i>Clostridium perfringens</i>	0/100 ml
Koloniezahl bei 22 °C	ohne anormale Veränderung
Koloniezahl bei 36 °C	ohne anormale Veränderung

Im Rahmen der Trinkwasseruntersuchungen nach der Trinkwasserverordnung werden nur wenige ausgewählte Mikroorganismen bestimmt. Völlig keimfreies Wasser gibt es nicht, deshalb kann eine geringe Menge an Bakterien (die als Kolonie auf Nährböden nach dem Bebrüten gezählt werden) nachgewiesen werden. Die Koloniezahlen charakterisieren die allgemeine hygienische Beschaffenheit eines Trinkwassers ohne direkten Zusammenhang mit bestimmten Krankheitserregern. Die unterschiedlichen Bebrütungstemperaturen bei 22 °C und 36 °C geben bereits Hinweise auf die mögliche

¹ Wenn das Mineral Calcit (Calciumcarbonat, Kalkstein) bei Kontakt mit Wasser weder zur Auflösung noch zur Abscheidung von Calciumcarbonat neigt, spricht man von einer Calcit- bzw. Calciumcarbonat-Sättigung. Das Wasser weist dann einen sogenannten Sättigungs-pH-Wert auf. Kommt es aufgrund eines Kohlensäure-Überschusses zu einer Unterschreitung des Sättigungs-pH-Wertes, so wirkt das Wasser calcitlösend. Die Menge an Calcit, die ein Liter dieses Wassers auflösen kann, wird als Calcitlösekapazität bezeichnet. Wird der Sättigungs-pH-Wert jedoch überschritten, so führt dies zu einer Übersättigung und das Wasser wird calcitabscheidend.

² Grenzwerte sind Werte, die aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem Ziel festgelegt werden, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhüten oder zu verringern. Sie sind rechtsverbindlich.

Herkunft der Bakterien. Bei 36 °C wachsen bevorzugt diejenigen Bakterien, die aufgrund von z. B. Fäulnisprozessen im Boden oder durch Fäkalieneinfluss ins Trinkwasser gelangen können. Bei 22 °C wächst dagegen die Mehrzahl der Bakterien, die ubiquitär (nahezu überall nachweisbar) vorkommen, aus dem Boden stammen und beispielsweise Nachverkeimungen oder Biofilme in Wasserversorgungsanlagen bilden können.

Der Nachweis von *E.coli* zeigt die Verunreinigung des Wassers mit Fäkalien an und es besteht dringender Handlungsbedarf, da große und akute Infektionsgefahr besteht. Coliforme Bakterien deuten auf den Einfluss von Oberflächenwasser hin. Dieses kann auch mit Fäkalien verunreinigt sein. Enterokokken, die im Trinkwasser länger überleben können als coliforme Bakterien, sind ein Hinweis auf länger zurückliegende Einträge von Fäkalien. Wird mit den zuvor genannten Parametern eine Verunreinigung des Trinkwassers mit Fäkalien oder Oberflächenwasser nachgewiesen, muss davon ausgegangen werden, dass über diesen Pfad auch Krankheitserreger (Bakterien, Viren, Parasiten) eingetragen werden können. Diese werden im Rahmen der Routineanalysen nicht untersucht, bedeuten aber eine starke Gesundheitsgefährdung. Besteht der Verdacht oder ist bekannt, dass das aufzubereitende Wasser durch Oberflächenwasser beeinflusst ist, ist der Parameter *Clostridium perfringens* ebenfalls zu untersuchen.

2.2.2 Trübstoffe und Partikel

Wird im Wasser einer privaten Kleinanlage eine erhöhte Trübung gemessen, kann diese auf der einen Seite durch gesundheitlich unbedenkliche Stoffe verursacht werden, beispielsweise unlösliche Eisenverbindungen. Allerdings könnten dies auch Partikel sein, die mit versickerndem Oberflächenwasser in das Rohwasser eingetragen wurden. Bei einem solchen durch Oberflächenwasser beeinflussten Rohwasser gelangen mit den Partikeln häufig auch Mikroorganismen in das Wasser. Während die Mikroorganismen ein hygienisches Risiko darstellen können (siehe Kapitel 2.2.1), hat die von den Partikeln verursachte Trübung entscheidenden Einfluss auf die Wirkung von Desinfektionsverfahren und auf die Wirtschaftlichkeit der Aufbereitungsverfahren. Eine zu hohe Trübung des Wassers führt zum raschen Verblocken von Filtern und damit zu hohen Betriebskosten. Der in der Liste der Aufbereitungsstoffe nach § 11 der Trinkwasserverordnung genannte Richtwert von 0,1 – 0,2 Trübungseinheiten (NTU) dient der Sicherstellung einer ausreichenden Desinfektion. Weist das Rohwasser eine mit bloßem Auge sichtbare Trübung auf, ist davon auszugehen, dass dieser Wert bereits deutlich überschritten ist.

2.2.3 Korrosion

Der pH-Wert eines Wassers ist vor allem auf das Vorhandensein von Kohlendioxid zurückzuführen und wird insbesondere vom Gehalt an „freier Kohlensäure“ bestimmt.³ Das Vorliegen eines sauren, stark kohlenstoffhaltigen Trinkwassers mit hohen Calcitlösekapazitäten¹ kann in Verbindung mit metallischen Rohrwerkstoffen in der Trinkwasser-Installation und langen Stagnationszeiten zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität führen, z. B. durch zu hohe Kupfer-Konzentrationen, wenn Teile der Trinkwasser-Installation aus Kupfermaterial bestehen.

Aus korrosionschemischer Sicht ist zur Vermeidung der flächigen Korrosion von metallischen Rohrleitungswerkstoffen immer ein möglichst hoher pH-Wert erwünscht. Mit steigendem pH-Wert erhöht sich jedoch auch die Wahrscheinlichkeit von Kalkstein- bzw. Calcit ausfällungen. Zur Vermeidung dieser Ausfällungen wird im Trinkwasser daher im Idealfall ein möglichst hoher pH-Wert eingestellt, bei dem gerade noch kein Calcit ausfallen kann (pH-Wert eines Wassers bei Calcitsättigung oder auch Sätti-

³ Das Gas Kohlendioxid CO₂ ist relativ gut löslich in Wasser und reagiert zu einem geringen Anteil (etwa 0,2 %, je nach Temperatur) zur unbeständigen Kohlensäure H₂CO₃. Gelöstes Kohlendioxid, das nicht als Hydrogencarbonat gebunden ist, wird üblicherweise als „freie Kohlensäure“ bezeichnet.

gungs-pH-Wert). Dadurch bleiben die aus korrosionschemischer Sicht schützenden calciumcarbonathaltigen Deckschichten im Leitungssystem erhalten. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass auch in Trinkwasser-Installationen mit Kunststoffleitungen metallische Armaturen verwendet werden und es damit auch hier zu Korrosion kommen kann.

Die Berechnung der Calcitlösekapazität und des Sättigungs-pH-Wertes sind Bestandteil einer chemisch-technischen Wasseranalyse. Die Trinkwasserverordnung fordert einen pH-Wert, bei dem eine berechnete Calcitlösekapazität von 5 mg/l CaCO_3 nicht überschritten wird.

Grenzwert der Calcitlösekapazität: 5 mg/l CaCO_3
Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn
der pH-Wert des Trinkwassers $\geq 7,7$ ist.

Ist der pH-Wert des Trinkwassers bzw. Rohwassers kleiner als 7,7 aber dennoch höher als der Sättigungs-pH-Wert, so brauchen ebenso keine Maßnahmen zur Entsäuerung durchgeführt werden. Ist der pH-Wert jedoch kleiner, sollte das Entsäuerungsziel die Einstellung des Sättigungs-pH-Wertes sein.

Gemäß Trinkwasserverordnung Anlage 3, Teil I, Nr. 20 kann in privaten Kleinanlagen auf diese Anforderung verzichtet werden, wenn andere Maßnahmen zur Berücksichtigung der Aggressivität des Trinkwassers gegenüber Werkstoffen getroffen werden. Hierzu gehört die Dosierung von Korrosionsinhibitoren, wie beispielsweise Phosphat. Verfahren bei denen eine Zugabe von Stoffen erfolgt, sollten jedoch nur dann gewählt werden, wenn keine andere Möglichkeit zur Aufbereitung besteht (siehe dazu auch DIN 2001).

2.2.4 Nitrat

Im Magen kann Nitrat durch Bakterien in giftiges Nitrit umgewandelt werden und gesundheitlich bedenkliche Auswirkungen haben. Nitrit wird im Blutkreislauf leicht an Hämoglobin gebunden und bildet stabile Komplexe, wodurch die Fähigkeit des Blutes zum Sauerstofftransport herabgesetzt wird. Kinder im Alter von unter sechs Monaten sind besonders anfällig für diese Wirkung. Nitrite können im Magen zudem zur Bildung von wahrscheinlich kanzerogenen Nitrosaminen beitragen. Ferner wirken Nitrat-Ionen als Oxidationsmittel und können unter bestimmten Umständen die korrodierende Wirkung des Wassers erhöhen.

Der Zielwert einer Aufbereitung sollte deutlich unterhalb des Grenzwertes von 50 mg/l⁴ liegen (Zielwert z. B. 30 mg/l oder auch darunter), um Schwankungen der Aufbereitungsleistung und der Rohwasserbeschaffenheit zu berücksichtigen. Da eine vollständige Entfernung von Nitrat nicht erforderlich ist, kann das aufbereitete Wasser beim Einsatz von Verfahren, die Nitrat weitestgehend entfernen (Umkehrosmose, Ionenaustausch), mit einem unbehandelten Teilstrom gemischt werden. Dies setzt voraus, dass in dem unbehandelten Teilstrom keine weiteren zu entfernenden Wasserinhaltsstoffe enthalten sind.

Grenzwert von Nitrat: 50 mg/l

2.2.5 Pflanzenschutzmittel (PSM)

Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte können durch unachtsamen Umgang beim intensiven landwirtschaftlichen Einsatz auf durchlässigen Böden, bei Unfällen beim Transport und der Lagerung so-

⁴ Bemerkung in der Trinkwasserverordnung ist zu beachten: „Die Summe der Beträge aus Nitratkonzentration in mg/l geteilt durch 50 und die Nitritkonzentration in mg/l geteilt durch 3 darf nicht größer als 1 sein.“

wie bei der unsachgemäßen Entsorgung von Restmengen und Verpackungen in das Grundwasser gelangen. Ein Teil der im Grundwasser entstehenden Abbau- und Reaktionsprodukte (Metaboliten) hat ähnliche toxikologische Eigenschaften wie die Ausgangsstoffe selbst. In Bayern sind die meisten Grenzwertüberschreitungen auf den seit 1992 verbotenen Wirkstoff Atrazin und dessen Metabolit Desethylatrazin zurückzuführen.⁵

Grenzwerte von PSM: 0,00010 mg/l für Einzelsubstanzen
0,00050 mg/l für die Summe der bestimmbaren Einzelsubstanzen

2.2.6 Arsen

Arsen gelangt durch Verwitterung und Auflösung arsenhaltiger Gesteine in das Grundwasser. Darüber hinaus kann Arsen auch durch vom Menschen verursachte Verunreinigungen in das Grundwasser gelangen. Arsen kommt im Grundwasser in zwei verschiedenen Oxidationsstufen/Wertigkeiten vor. Wenn Arsen in dreiwertiger Form als neutrales Molekül (z. B. Arsen(III)-oxid, „Arsenik“) auftritt, ist es im Vergleich zu der fünfwertigen Form als toxischer zu betrachten. Da durch den menschlichen Stoffwechsel die weniger toxische Form allerdings in die stärker toxische Form umgewandelt wird, muss Arsen in beiden Oxidationsstufen entfernt werden.

Grenzwert von Arsen: 0,010 mg/l

2.2.7 Weitere mögliche Belastungen

In der bereits genannten Befragung der Gesundheitsämter wurden in Einzelfällen Grenzwertüberschreitungen von Uran, Nickel, Sulfat, Ammonium, Eisen und Mangan genannt. Die Trinkwasserverordnung setzt die in Tab. 2 genannten Grenzwerte fest:

Tab. 2: Grenzwerte für ausgewählte chemische Parameter gemäß TrinkwV Anlage 2 und allgemeine Indikatorparameter gemäß Anlage 3, Teil I

Parameter	Grenzwerte [mg/l]
Uran	0,010
Nickel	0,020
Sulfat	250
Ammonium	0,50
Eisen	0,200
Mangan	0,050

Aufgrund der vereinzelt Nennung dieser Parameter wurden diese in dem hier vorliegenden Leitfaden nicht gesondert betrachtet. Nachfolgend werden nur spezielle Aufbereitungsverfahren für die vorangegangenen hauptsächlichsten Kontaminationen (siehe Kapitel 2.2.1 bis 2.2.6) aufgezeigt. Sollten Probleme hinsichtlich Uran, Nickel, Sulfat, Ammonium, Eisen, Mangan oder anderen auftreten, existieren ebenfalls gängige Aufbereitungsverfahren und die allgemeingültigen Hinweise dieses Leitfadens können Anwendung finden. Zur Prüfung der Notwendigkeit einer Aufbereitung bezüglich dieser Substanzen sollte die in Kapitel 3 beschriebene Gefährdungsanalyse durchgeführt werden. Weiterhin sollten die Vorgehensweise bei der Planung aus Kapitel 5 und die allgemeinen Hinweise zu Planung und Betrieb einer Aufbereitung aus Kapitel 6 beachtet werden.

⁵ Siehe NITRAT/PSM-BERICHT 2013 – 2015

2.3 Probleme in bereits installierten Aufbereitungsanlagen

In bereits bestehenden Anlagen zur Aufbereitung der Wässer von Kleinanlagen zur Eigenversorgung gibt es teils erhebliche Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität. Beispielsweise stellen Filter zur Trübstoffentfernung, welche nicht regelmäßig gewartet, ausgetauscht oder wenn möglich gespült werden, ein erhebliches hygienisches Problem dar. Deshalb müssen Anlagenbetreiber ihre Anlagen durch regelmäßige Kontrollen sorgfältig überwachen. Gemäß § 14 Abs. 2 TrinkwV ist bei Kleinanlagen zur Eigenversorgung nach § 3 Nummer 2 Buchstabe c zu beachten, dass mikrobiologische Untersuchungen unaufgefordert jährlich durchzuführen sind. Die übrigen Untersuchungen werden vom Gesundheitsamt festgelegt. Der Zeitraum zwischen diesen Untersuchungen darf dabei fünf Jahre nicht überschreiten. Aufgrund der oben genannten Problematik ist es darüber hinaus gegebenenfalls ratsam, weitergehende Untersuchungen (z. B. Zwischenkontrollen in kürzeren zeitlichen Intervallen) zu veranlassen. Für nötige Nachrüstungen können die allgemeinen Hinweise zur Vorgehensweise bei der Planung aus Kapitel 5 und die allgemeinen Hinweise zu Planung und Betrieb aus Kapitel 6 ebenfalls Hilfestellung leisten.

3 Gefährdungsanalyse des Standorts der Wassergewinnung

Hinweise auf potenzielle Gefährdungen des Rohwassers einer privaten Kleinanlage liefert eine fachmännische und in Absprache mit dem Gesundheitsamt durchzuführende Gefährdungsanalyse der Wassergewinnung. Gegebenenfalls kann das Gesundheitsamt auch das zuständige Wasserwirtschaft hinzuziehen. Die Gefährdungsanalyse ist ein Instrument zur Abwehr von Gesundheitsgefährdungen, welches von der WHO⁶ für den Betrieb von Trinkwasser-Installationen empfohlen wird. Diese Überprüfung ist eine Untersuchung der Umstände des Einzelfalls und muss daher vor Ort erfolgen.

Die häufigsten Verunreinigungen des Rohwassers sind mikrobiologischer Art. Mögliche Gründe hierfür sind z. B. nicht ordnungsgemäß abgedichtete Brunnenanlagen, undichte Klär- oder Güllegruben, versickernde Bestandteile von Mist oder weidende Nutztiere in der Nähe des Brunnens. Sinnvolle Schutzmaßnahmen für private Kleinanlagen zur Eigenversorgung in diesem Zusammenhang sind:

- In der weiteren Umgebung dürfen keine Anlagen vorhanden sein, aus denen Abwasser in den Untergrund gelangt.
- Anlagen zur Aufnahme von Schmutzwasser, die Viehhaltung sowie die Lagerung von Wirtschaftsdünger sollen grundsätzlich hang- und grundwasserstromabwärts zum Brunnen oder zur Quelfassung erfolgen, der einzuhaltende Abstand ist insbesondere abhängig von den jeweiligen hydrogeologischen Gegebenheiten. Auch bei günstigen hydrogeologischen Randbedingungen, z. B. einer ausreichend mächtigen Grundwasserüberdeckung und niedrigen Grundwasserfließgeschwindigkeiten, ist in jedem Fall ein Mindestabstand von 25 m einzuhalten.⁷
- Einzäunung der unmittelbaren Umgebung von Brunnen- (ca. 10 m Radius) oder Quelfassungen (ca. 20 m Ausdehnung in Richtung des zuströmenden Grundwassers), gut zugänglich aber abgesichert vor dem Zutritt von Unbefugten und dem Zugang von Tieren.⁸
- Installation einer ordnungsgemäßen Brunnenabdeckung.
- Keine Eingriffe in den Untergrund in unmittelbarer Umgebung von Brunnen- oder Quelfassungen, um die gewachsenen Bodenschichten nicht zu zerstören.

Schutzzonen, wie bei der öffentlichen Trinkwasserversorgung gefordert, sind zwar bei privaten Kleinanlagen weder vorgeschrieben noch üblich bzw. realisierbar, unabhängig von der Installation einer Aufbereitungsanlage sollte jedoch auch bei diesen Wasserversorgungen grundsätzlich das zu fördernde Rohwasser ausreichend geschützt und eine Beeinträchtigung seiner Qualität verhindert werden. Selbst wenn das Rohwasser einer privaten Kleinanlage nicht vollständig gegen Belastungsrisiken geschützt werden kann, verringern Schutzmaßnahmen die Kosten der Aufbereitung.

Zur Vermeidung einer Kontamination des Rohwassers mit Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten sowie mit Nitrat sollte auf die Düngung und den Pestizideinsatz in der unmittelbaren Umgebung von Brunnen oder Quelfassungen verzichtet werden. Schlecht gebaute Brunnen oder Quelfassungen mit zu geringen Tiefen oder mit Kurzschlüssen zur Oberfläche neigen ebenfalls sehr stark zu Verunreini-

⁶ Die Weltgesundheitsorganisation WHO (engl. World Health Organization, WHO) ist eine Sonderorganisation der Vereinten Nationen mit Sitz in Genf (Schweiz). Sie trat am 7. April 1948 in Kraft und zählt 194 Mitgliedstaaten. Sie ist die Koordinationsbehörde der Vereinten Nationen für das internationale öffentliche Gesundheitswesen.

⁷ DIN 2001 Teil 1 (Ausgabe 05/07): Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen – Teil 1: Kleinanlagen – Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Anlagen, Technische Regel des DVGW

⁸ Siehe dazu: DVGW-Arbeitsblatt W 101 (Ausgabe Juni 2006): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser

gungen. Das Eindringen von Oberflächenwasser in die Quelfassung oder in den Brunnen schacht führt regelmäßig dazu, dass die Versorgungsanlage kein einwandfreies Trinkwasser liefert.

Selbstverständlich sind Depots, in denen wassergefährdende Stoffe gespeichert werden (Öltanks, Benzinkanister usw.), sowie Düngemittel, Pestizide, Müll oder weitere potenzielle Verunreinigungsquellen von der Wassergewinnung fernzuhalten.

Zu den möglichen Inhaltsstoffen des Rohwassers gehören z. B. auch solche Stoffe, die aufgrund der natürlichen Bodeneigenschaften geogen bedingt im Rohwasser vorliegen, wie beispielsweise kalklösende Kohlensäure oder Arsen. Auf die Erschließung von Tiefengrundwasser sollte aus Sicht des Grundwasserschutzes bzw. der öffentlichen Wasserversorgung verzichtet werden.

Neben Schutzmaßnahmen im direkten Umfeld der Wassergewinnung muss sichergestellt sein, dass sich die vorhandene Wassergewinnungsanlage (Brunnen oder Quelfassung) in einem einwandfreien baulichen Zustand mit voller Funktions- und Leistungsfähigkeit befindet. Ist dies nicht der Fall, muss sie saniert werden. Durchzuführende Sanierungsarbeiten zur Herstellung oder Wiederherstellung dieses Zustandes sollten nur von einer Fachfirma, die über die notwendige Erfahrung verfügt, durchgeführt werden.

Legt die Gefährdungsanalyse eine potenzielle Gefährdung der Kleinanlage bezüglich bestimmter Wassergüteparameter offen, müssen diese Parameter vor der Nutzung zur Trinkwasserversorgung in Absprache mit dem Gesundheitsamt regelmäßig analysiert werden. Die zeitlichen Abstände der Analysen werden vom Gesundheitsamt festgelegt. Hierbei ist darauf zu achten, dass insbesondere mikrobiologische Untersuchungen zu denjenigen Zeitpunkten durchgeführt werden sollten, in denen ein Auftreten mikrobiologischer Kontaminationen am wahrscheinlichsten ist, also beispielsweise nach stärkeren Niederschlagsereignissen.

4 Entscheidung über die Notwendigkeit einer Aufbereitung

Wurden alle bei der Gefährdungsanalyse vereinbarten Maßnahmen zum Schutz des Rohwassers und zur Funktionsfähigkeit der Wassergewinnung erfolgreich durchgeführt und weist das Rohwasser trotz dieser Maßnahmen Belastungen mit gesundheitsgefährdenden Substanzen auf, muss eine Aufbereitung, erforderlichenfalls unter Einschluss einer Desinfektion, nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erfolgen.

5 Vorgehensweise bei der Planung einer Aufbereitungsanlage

5.1 Analyse der Rohwasserqualität

Für die Planung einer Aufbereitungsanlage können in der Regel diejenigen Analysenergebnisse herangezogen werden, welche im Rahmen der Gefährdungsanalyse (siehe Kapitel 3) bei einer potentiellen Gefährdung der Kleinanlage regelmäßig überwacht werden müssen (siehe dazu Anhang A, Umfang der Erstuntersuchung). Idealerweise ist eine vollständige Untersuchung nach Anlage 4 Buchstabe b (Parameter der Gruppe B) der Trinkwasserverordnung sinnvoll, um auch unerwartete Stör- und Schadstoffe zu berücksichtigen. Der Umfang der Untersuchungen ist abhängig von der Situation vor Ort, vom jeweiligen Aufbereitungsziel und vom Aufbereitungsverfahren. Hierbei ist zu beachten, dass der Aufwand für Planung und Dimensionierung der Anlage mit der Häufigkeit der Analysenergebnisse sinkt und gleichzeitig die Qualität der Planung steigt.

5.2 Beachtung der rechtlichen Rahmenbedingungen

Die Errichtung einer Aufbereitungsanlage, die Inbetriebnahme (auch Wiederinbetriebnahme) oder bauliche Veränderungen an der Aufbereitungsanlage mit Auswirkungen auf die Wasserqualität müssen dem zuständigen Gesundheitsamt spätestens vier Wochen vorher angezeigt werden. Das Gesundheitsamt kann die Vorlage entsprechender Unterlagen verlangen und Anordnungen treffen.

Bei Planung, Installation und Betrieb einer Aufbereitungsanlage müssen die allgemein anerkannten Regeln der Technik beachtet werden. Soweit vorhanden, sollten nur Werkstoffe und Materialien sowie Anlagen bzw. Komponenten verwendet werden, deren Konformität mit den Anforderungen durch eine Bescheinigung einer unabhängigen Stelle belegt ist (z. B. DVGW-Zertifizierungszeichen, Link zu den Verzeichnissen zertifizierter Produkte siehe Kapitel 9). Dies dient nicht nur der Sicherstellung des Aufbereitungserfolges, sondern auch der Vermeidung der Abgabe von unerwünschten Stoffen an das aufbereitete Wasser.

Aufbereitungsstoffe, also z. B. Filtermaterialien oder dem Wasser zugesetzte Chemikalien, müssen der vom Umweltbundesamt geführten Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 der Trinkwasserverordnung entsprechen (Link siehe Kapitel 9). Die dort gestellten Anforderungen und Einsatzbedingungen und -grenzen sind einzuhalten. Stoffe oder Verfahren, die nicht einschließlich des Aufbereitungsziels in der jeweils aktuellen Liste aufgeführt werden oder für die nicht im Einzelfall eine Ausnahmegenehmigung des UBA nach § 12 TrinkwV vorliegt, dürfen nicht zur Aufbereitung von Trinkwasser eingesetzt werden. Durch die Wasseraufbereitung hervorgerufene unerwünschte Beschaffenheitsänderungen des Wassers sind nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu minimieren.

Die *allgemein anerkannten Regeln der Technik* beschreiben Verfahren und Vorgehensweisen, die in der praktischen Anwendung langfristig erprobt sind und von der Mehrheit der Fachleute anerkannt werden. Für den Bereich der privaten Kleinanlagen zur Eigenversorgung sind diese Regeln in verschiedenen DIN-Normen und Arbeitsblättern des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfachs (DVGW) niedergeschrieben. Die DIN-Normen und DVGW-Arbeitsblätter sind durch langjährige Zusammenarbeit zahlreicher Fachleute aus Wirtschaft und Wissenschaft entstanden und sollten den beteiligten Fachleuten vorliegen (siehe Kapitel 9).

5.3 Einbeziehung des Gesundheitsamtes und weiterer Fachleute

Aufgrund der rechtlichen Rahmenbedingungen ist es sinnvoll und ratsam, das Gesundheitsamt so früh wie möglich einzuschalten. Weiterhin ist ein Fachmann für die Planung von Aufbereitungsanlagen für private Kleinanlagen zu beteiligen. Entsprechende Fachleute sind z. B. bei Installationsunternehmen, Anlagenbauern, Ingenieurbüros oder auch bei Wasserversorgungsunternehmen und wasserfachlichen Instituten zu finden.

5.4 Formulierung des Aufbereitungsziels

Als jeweiliges Aufbereitungsziel ergibt sich mindestens die Entfernung der in Kapitel 2.2 genannten Parameter unter die jeweiligen Grenzwerte der Trinkwasserverordnung.

Generell muss bei privaten Kleinanlagen unterstellt werden, dass die Anlage nicht durch Fachleute betrieben und nicht wie eine zentrale Anlage umfangreich gewartet werden kann. Daher können in Kleinanlagen zur Eigenversorgung nur solche Verfahren bzw. Anlagen eingesetzt werden, die mit ausreichender Sicherheit und geringem Wartungsaufwand betrieben werden können. Laut DIN 2001-1 sind dies derzeit nur die im Folgenden beschriebenen Verfahren.

Anlagen zur Entsäuerung können in eigener Verantwortung des Betreibers errichtet werden. Bei Rohwasser, welches mikrobiologisch verunreinigt oder durch Nitrat, Arsen oder Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte belastet ist, muss stets die Mitwirkung des Gesundheitsamtes zur Auswahl des geeigneten Verfahrens erfolgen. Dies gilt auch dann, wenn im Zuge der Gefährdungsanalyse oder durch Wasseruntersuchungen andere als die in diesem Leitfaden beschriebene Aufbereitungsziele festgelegt werden müssen.

Bei einigen Verfahren fallen Spülwässer oder Konzentrate als Abwässer an, deren Entsorgung oder weitere Nutzung mit eingeplant werden muss. Die Qualität der Abwässer ist in vielen Fällen noch für andere Zwecke als die der Trinkwasserversorgung, beispielsweise zur Bewässerung oder zur WC-Spülung, geeignet. Die Menge dieser Wässer, die teilweise sehr groß sein kann, ist abhängig vom Aufbereitungsverfahren und von dessen Einstellungen.

5.5 Auswahl des Aufbereitungsverfahrens

5.5.1 Entfernung von Trübstoffen und Partikeln als Vorbehandlung

Viele der in den folgenden Kapiteln beschriebenen Aufbereitungsverfahren können im Falle einer zu hohen Trübung zumindest teilweise ihre Wirksamkeit verlieren oder aber ihre Standzeit⁹ einbüßen. Aus diesem Grund sollte bei Rohwässern mit einer Trübung oberhalb von 0,2 Trübungseinheiten (NTU) generell eine trübstoff- bzw. partikelentfernende Stufe vorgeschaltet sein. Im Fall eines von Oberflächenwasser beeinflussten oder mikrobiologisch belasteten Rohwassers (siehe Kapitel 2.2.2) muss der partikelentfernenden Stufe eine Desinfektion nachgeschaltet sein. Dies gilt derzeit auch für diejenigen Techniken, in welchen die partikelentfernende Stufe nominell alle Mikroorganismen zurückhält (beispielsweise Ultrafiltration), da eine solche Rückhaltung nicht sicher kontinuierlich überwacht werden kann.

Bei Rohwässern mit Trübungen, die nur geringfügig über dem Richtwert von 0,2 NTU liegen, hat sich für private Kleinanlagen in der Vergangenheit der Einsatz von nicht spülbaren Feinfilterkerzen bewährt. Die Filterkerzen können mit verschiedenen Trenngrenzen erworben werden. Sie halten

⁹ Unter Standzeit wird hier diejenige Zeit verstanden, in der die technischen Anlagen betrieben werden können, bis die nächste Wartung, Reinigung o. Ä. durchgeführt werden muss, d. h. in der die Anlage ohne Unterbrechung betrieben werden kann. Die Standzeit beeinflusst wesentlich die erforderlichen Wartungsintervalle während der Lebensdauer einer technischen Anlage.

Wasserinhaltsstoffe mit einer Größe oberhalb ihrer Trenngrenze weitgehend zurück. Aus der Vielzahl der angebotenen Produkte dürfen nur diejenigen mit den entsprechenden Prüfzeichen (z. B. DVGW-Zertifizierung) eingesetzt werden. Da die Filter nicht gespült werden können, müssen sie nach Überschreiten einer zu großen Beladung, erkennbar z. B. am hohen Druckverlust zwischen Filterein- und -austritt, ausgewechselt werden.

Nicht spülbare Feinfilter sollen der gezielten Trübstoffentfernung vor einer Desinfektions- oder sonstigen Aufbereitungsanlage dienen. Anlagen mit solchen Filtern werden in der Regel zweistufig ausgeführt, wobei der erste Filter mit einer höheren Trenngrenze (üblich ca. 5-10 µm nominale Trenngrenze) die Aufgabe hat, den zweiten feineren Filter (üblich 1 µm absolute Trenngrenze) vor einer zu schnellen Beladung zu schützen.

Es ist darauf zu achten, dass herkömmliche Feinfilter mit einer Porengröße von typischerweise 80 µm, wie sie zum Schutz der Trinkwasser-Installation angeboten werden, nicht den geforderten Rückhalt für Trübstoffe gewährleisten.

Für Rohwässer mit hohen (ca. > 1 NTU) oder länger anhaltenden Trübstoffbelastungen, auch wenn diese nur zeitweise vorliegen, sollten spülbare poröse Membranen eingesetzt werden. Hierbei handelt es sich um Ultrafiltrationsmembranen mit einer Porenweite von kleiner als 0,1 µm. Mit der Ultrafiltration können Bakterien, Parasiten und Viren sicher zurückgehalten werden. Das gesamte Rohwasser wird durch die Membran filtriert. Aufgrund der schnell erreichten maximalen Beladung der Membranen müssen diese in regelmäßigen kurzen Abständen (30 Minuten bis ca. 2 Stunden) gespült werden. Dies erfolgt automatisch. Der Anteil des zu entsorgenden schlammhaltigen Spülwassers liegt bei ca. 5-15 % des Zulaufwassers. Im Rohwasser können jedoch Wasserinhaltsstoffe enthalten sein, die feste Ablagerungen auf den Membranen bilden, die durch die normale, automatisierte Spülung der Membran nicht wieder vollständig entfernt werden können. Durch diesen Fouling genannten Vorgang steigt der zum Betrieb der Membran notwendige Druck mit der Zeit an. Da für private Kleinanlagen auf die Zudosierung von Chemikalien zur Reinigung/Spülung der Membranen verzichtet werden sollte, muss die Anlage bevor der maximale Druck erreicht wird kurzfristig außer Betrieb genommen und gereinigt werden. Alternativ können neue bzw. gereinigte Membranen eingesetzt werden und die beladenen Membranen vom Hersteller wiederaufbereitet werden. Die Kosten und der Zeitraum, bis der maximale Druck erreicht ist, bestimmen die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.

Zur Abschätzung der Neigung eines aufzubereitenden Wassers, die Membran irreversibel zu beladen, ist es hilfreich, die Konzentration an gelösten organischen Wasserinhaltsstoffen, gemessen über die Parameter DOC (gelöster organischer Kohlenstoff) und SAK (spektraler Absorptionskoeffizient) bei 254 nm und 436 nm, zu bestimmen. Daneben sollten für die Dimensionierung der Membrananlage folgende Konzentrationen bekannt sein:

- Trübung (Minimal-, Maximal- und Mittelwert)
- Abfiltrierbare Stoffe
- Eisen, Mangan, Aluminium

Genauere Aussagen zur Foulingneigung eines Wassers lassen sich aber nur durch Langzeitversuche ermitteln. Weitere Einzelheiten zu Betrieb und Kosten sind Kapitel 7.1 zu entnehmen.

5.5.2 Desinfektion

Für die Desinfektion im Rahmen der Trinkwasseraufbereitung dürfen grundsätzlich nur die gemäß Trinkwasserverordnung zugelassenen Chemikalien und Verfahren eingesetzt werden. Diese sind zusammen mit den Einsatzbedingungen (Zugabemengen, Restgehalte) in einer Liste zugelassener Aufbereitungsmittel und Desinfektionsverfahren vom Umweltbundesamt im Internet veröffentlicht (siehe Kapitel 9).

Für jede private Kleinanlage ist zu entscheiden, ob vor der Desinfektion eine partikelabtrennende Stufe erforderlich ist (siehe Kapitel 5.5.1). Wird Oberflächenwasser oder von Oberflächenwasser beeinflusstes Wasser verwendet, so ist in jedem Fall eine Partikelabtrennung erforderlich. Gleiches gilt für Wasser, welches aus Karst- und Kluftgrundwasserleitern, Quellen oder oberflächennahem Grundwasser stammt und das durch fäkale Verunreinigungen gefährdet ist. Allein bei Wasser, das aus Porengrundwasserleitern gewonnen wird, kann auf eine partikelentfernende Stufe verzichtet werden, wenn die Trübung unter dem Richtwert von 0,2 NTU liegt und die mikrobiologische Belastung gering ist.

Vorzugsverfahren für die Desinfektion in privaten Kleinanlagen ist die Bestrahlung mit ultraviolettem Licht (UV-Desinfektion). Hierbei wird das zuvor filtrierte Wasser mit UV-Licht einer Wellenlänge zwischen 240 und 290 nm bestrahlt. Die desinfizierende Wirkung beruht auf einer Schädigung des Erbgutes der Mikroorganismen, wodurch diese inaktiviert werden.

Zur Trinkwasserdesinfektion dürfen nur UV-Desinfektionsgeräte eingesetzt werden, deren Desinfektionswirksamkeit von einer nach EN ISO/IEC 17025 für die Prüfung von UV-Geräten akkreditierten Prüfstelle geprüft und von einem nach EN ISO/IEC 17065 akkreditierten Branchenzertifizierer zertifiziert sind (derzeit Zertifikate nach DVGW W 294-Teil 2 oder ÖNORM M 5873:1996 Verfahren A). Die Desinfektionswirksamkeit wird bei zertifizierten Geräten automatisch überwacht.

Da neben den Mikroorganismen auch andere Wasserinhaltsstoffe (z. B. gelöste Substanzen und unlösliche Partikel) UV-Licht in diesem Wellenlängenbereich absorbieren oder abschatten und damit die Desinfektionswirkung der Bestrahlung abschwächen können, muss gewährleistet sein, dass diese Stoffe nicht in zu hohen Konzentrationen vorliegen. Bei der Auswahl von UV-Desinfektionsgeräten ist daher die zu erwartende maximale spektrale Schwächung oder Absorption bei einer Wellenlänge von 254 nm (SSK 254 bzw. SAK 254) des zu desinfizierenden Wassers zu berücksichtigen. Weiterhin kann es durch Wasserinhaltsstoffe zu einer Belagsbildung auf den Strahlern kommen, wodurch ebenfalls die Desinfektionswirkung der Bestrahlung abgeschwächt werden kann. Um die Auswirkungen der Wasserqualität auf den laufenden Betrieb der UV-Desinfektion im Vorfeld abschätzen zu können, sollten vor der Auswahl des Gerätes die Werte der im Anhang A genannten Parameter bekannt sein. Laut DVGW W 294-1 sollten die Messungen über 1 Jahr wöchentlich erfolgen. Bei Kleinanlagen ist es sinnvoller, stattdessen gleich eine Partikelfiltration vorzusehen und nur die zur Auswahl der Filtration notwendigen Untersuchungen und wenige Werte für SAK 254, Eisen, Mangan und Calcitabscheidekapazität zu bestimmen.

Weitere Einzelheiten zu Betrieb und Kosten sind Kapitel 7.2 zu entnehmen.

5.5.3 Entsäuerung und Stabilisierung

Das Vorzugsverfahren zur Entsäuerung für private Kleinanlagen ist die Reaktionsfiltration. Diese Filtration erfolgt über ein reaktives Material aus Kalkstein (Calciumcarbonat), welches sich in Abhängigkeit von der Konzentration an „freier Kohlensäure“ auflöst. Dabei werden Calcium- und Hydrogencarbonat-Ionen gebildet und im Wasser gelöst. Der pH-Wert kann solange ansteigen, bis ein Gleichgewicht zwischen der Kohlensäure, gelösten Hydrogencarbonat- und Calciumionen sowie ungelöstem Calciumcarbonat erreicht ist (Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht). Man spricht dann vom SättigungspH-Wert oder vom pH-Wert der Calcitsättigung (siehe auch Kapitel 2.2.3). Aufgrund der in der Regel nicht ausreichend langen Aufenthaltszeit des Wassers im Filter wird der SättigungspH-Wert nicht gänzlich erreicht. Dieses Verfahren ist, insbesondere für weiche saure Wässer, das für private Kleinanlagen am besten geeignete, da es selbstregelnd ist. Aufgrund der schneller ablaufenden Reaktion ist synthetisch hergestellter poröser Kalkstein zwar teurer, aber gerade für private Kleinanlagen als Filtermaterial besonders gut geeignet. Halbgebrannter Dolomit (eine durch Brennen des natürlichen Minerals Dolomit hergestellte Mischung aus Calciumcarbonat und Magnesiumoxid, „Magno“) ist aufgrund seiner noch höheren Reaktivität (Entsäuerung über den SättigungspH-Wert hinweg möglich) und der Verbackungsneigung für Kleinanlagen nicht zu empfehlen.

Die eingesetzten Filter müssen üblicherweise regelmäßig gespült und das verbrauchte Reaktionsmaterial ersetzt werden.

Bei der Reaktionsfiltration über Kalkstein wird das Wasser aufgehärtet, da dem Wasser der Härtebildner Calcium zugeführt wird. Das eingesetzte Filtermaterial (Calciumcarbonat) muss den Anforderungen der Trinkwasserverordnung, insbesondere der Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 der Trinkwasserverordnung entsprechen.

Zur Planung und Dimensionierung der Filteranlage sollte die Wasserbeschaffenheit möglichst unter Berücksichtigung zeitlicher Schwankungen bekannt sein. Hierzu sollten die im Anhang A genannten Parameter bestimmt werden.

Liegt ein hartes Wasser vor, ist die Kalksteinfiltration meist nicht erfolgreich. In diesem Fall kann eine physikalische Entsäuerung durch Belüftung durchgeführt werden. Hierbei lässt man Kohlendioxid („Kohlensäure“) bis zur Einstellung des Sättigungs-pH-Wertes aus der wässrigen Phase ausgasen. Von Verfahren mit einer Dosierung basischer Stoffe (z. B. Natronlauge) sollte aufgrund der damit verbundenen Sicherheitsgefahren bei privaten Kleinanlagen zur Eigenversorgung abgesehen werden.

Weitere Einzelheiten zu Betrieb und Kosten sind Kapitel 7.3 zu entnehmen.

5.5.4 Nitratentfernung

Generell kommen als Vorzugsverfahren zur Nitratentfernung Umkehrosmose und Ionenaustausch in Betracht. Welches der beiden Verfahren vorteilhafter ist, sollte durch einen Fachmann geprüft werden. Als Faustregel gilt, dass die Umkehrosmose dann sinnvoll ist, wenn die Entfernung mehrere Rohwasserbelastungen (bspw. Nitrat oder PSM) oder auch Härtebildner gewünscht ist. Unabhängig davon sollte bei beiden Verfahren sichergestellt sein, dass die Trübung im Zulaufwasser stetig unterhalb von 0,1 – 0,2 NTU liegt, um ausreichend lange Standzeiten zu gewährleisten.

Vorteilhaft beim Einsatz von Umkehrosmose oder Ionenaustauscher ist die Teilstromaufbereitung (siehe Kapitel 5.6). Grenzwertabweichungen weiterer Parameter im Rohwasser sind dabei zu beachten (siehe Kapitel 2.2.4).

Bei der **Umkehrosmose** werden alle Wasserinhaltsstoffe weitgehend zurückgehalten, so dass man ein nahezu vollständig demineralisiertes Wasser erhält. Mit diesem Verfahren werden neben Nitrat beispielsweise auch Calcium und Magnesium entfernt, wodurch das Wasser enthärtet wird. Weiterhin erfolgt eine Entfernung der möglicherweise ebenfalls im Wasser befindlichen Pflanzenschutzmittel. Zum Schutz der Umkehrosmosemembran sollte eine Vorfiltration mit einer Filterfeinheit von mindestens 5 µm erfolgen. Dies wird in der Regel durch nicht spülbare Kerzenfilter gewährleistet.

Gelöste Gase wie beispielsweise Kohlendioxid können die Membran ungehindert passieren, wohingegen Hydrogencarbonat- und Calciumionen entfernt werden. Dadurch kommt es im aufbereiteten Wasser zu einem Kohlendioxidüberschuss, der eine stark erhöhte Calcitlösekapazität zur Folge hat. Daher muss der Umkehrosmose im Regelfall eine Entsäuerung folgen (siehe dazu Kapitel 5.5.3).

Da bei der Umkehrosmose nur ein Teil des Zulaufs durch die Membran gepresst wird, entstehen sogenannte Konzentrate. Es ist sicherzustellen, dass diese Konzentrate gefahrlos entsorgt werden können. Bei sehr geringen Anteilen an Konzentrat steigt die Wahrscheinlichkeit der Ausbildung kristalliner Deckschichten auf der Membranoberfläche. Daher wird bei einem Einsatz der Umkehrosmose für private Kleinanlagen in der Regel ein nur sehr geringer Anteil des Rohwassers durch die Membran aufbereitet. Insbesondere bei harten Wässern kann dieser Anteil nur 10 % ausmachen und es fallen 90% des in die Membrananlage gepumpten Wassers als Konzentrat an.

Grundsätzlich besteht zur Vermeidung der kristallinen Deckschichten auch die Möglichkeit, so genannte Inhibitoren oder Antiscalants in das Rohwasser zu dosieren. Darauf sollte bei Kleinanlagen aber verzichtet werden, da ein nicht kontinuierlicher Betrieb mit Dosierung schwierig zu automatisieren ist und eine Überdosierung der Inhibitoren zu starken Verschmutzungen führen kann. Auch ist zu beachten, dass sich die Inhibitoren im Konzentrat aufkonzentrieren und dadurch dessen Entsorgung unter Umständen erschwert wird.

Ionenaustauscher bestehen aus modifizierten Polymeren, die in der Lage sind, Ionen aus dem Wasser aufzunehmen und gegen andere Ionen auszutauschen. Werden Anionen (negativ geladene Ionen) ausgetauscht, spricht man von Anionenaustauschern, bei Kationen (positiv geladene Ionen) von Kationenaustauschern. Da im Wasser gelöstes Nitrat negativ geladen ist, werden zur Nitratentfernung Anionenaustauscher, z. B. in der Chlorid-Form, verwendet. Ionenaustauscher werden überwiegend in Filtern eingesetzt, in denen das Material in einer immobilen Schüttung vorliegt, die von dem zu behandelnden Wasser durchströmt wird. Die eingesetzten Ionenaustauschermaterialien müssen den Anforderungen der Trinkwasserverordnung, insbesondere der Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 der Trinkwasserverordnung entsprechen.

Im Verlauf der Durchströmung nehmen Anionenaustauscher Anionen wie Nitrat und Sulfat aus dem Wasser auf und geben äquivalente Mengen Chlorid ab. Auf diese Weise nehmen die Konzentrationen von Nitrat und Sulfat im Wasser ab und die von Chlorid zu. Wichtig ist, dass dabei die Chloridkonzentration im Trinkwasser nicht über den Grenzwert von 250 mg/l ansteigt. Bei Einsatz eines frischen Ionenaustauschers werden zu Beginn eines Austauschzyklus Nitrat und Sulfat vollständig entfernt. Auch das weniger gut bindende Hydrogencarbonat wird anfangs für eine kurze Zeit entfernt, wodurch die Calcitlösekapazität ansteigt. Im weiteren Verlauf werden die Ionenaustauscher immer weiter beladen. Gegen Ende des Austauschzyklus verringert sich die Wirksamkeit des Ionenaustauschers und die Konzentration an Nitrat steigt wieder an.

Wird die Ablaufkonzentration zu hoch, muss der Ionenaustauscher regeneriert werden. Dazu wird eine hoch konzentrierte Natriumchloridlösung (Kochsalz, „Regeneriersalz“) in den Austauscher gesaugt. Durch einen Rücktausch werden Nitrat und Sulfat durch Chlorid verdrängt. Nach dieser sogenannten Regeneration und der folgenden Spülung ist der Ionenaustauscher wieder einsatzbereit.

Zur Planung und Dimensionierung von Aufbereitungsanlagen sowohl nach dem Prinzip der Umkehrosmose als auch des Ionenaustauschs sollte die Wasserbeschaffenheit möglichst unter Berücksichtigung zeitlicher Schwankungen bekannt sein. Hierzu sollten die im Anhang A genannten Parameter bestimmt werden.

Weitere Einzelheiten zu Betrieb und Kosten sind Kapitel 7.4 und 7.7 zu entnehmen.

5.5.5 Entfernung von Pflanzenschutzmitteln und deren Metaboliten

Pflanzenschutzmittel (PSM) und deren Metaboliten (Abbauprodukte) können unterteilt werden in adsorbierbare und nicht adsorbierbare Stoffe. Unter Adsorption versteht man die Anlagerung, Haftung und Anreicherung von Stoffen an Oberflächen. Hierbei müssen die Oberflächen, an denen die Adsorption stattfindet und die zu adsorbierenden Stoffe eine Affinität aufweisen. Das Vorzugsverfahren für die Entfernung von PSM ist die Filtration über einen Aktivkohlefilter.

Aktivkohlen werden wie die Ionenaustauschermaterialien in Filtern eingesetzt, in denen die Kohlekörner in einer immobilen Schüttung vorliegen. Die eingesetzte Aktivkohle muss den Anforderungen der Trinkwasserverordnung, insbesondere der Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 der Trinkwasserverordnung entsprechen.

Die Zulauftrübung bei den nicht spülbaren Aktivkohlefiltern sollte nicht über 0,2 NTU betragen, um die Wartungshäufigkeit nicht zu erhöhen bzw. eine angemessene Standzeit gewährleisten zu können.

Aktivkohlen weisen eine hohe Affinität zur Gruppe der eher schlecht in Wasser löslichen unpolaren Stoffe auf, die damit als gut adsorbierbar gelten. Polare, gut wasserlösliche Stoffe gelten dagegen als schlecht adsorbierbar und können nur sehr bedingt mit Aktivkohle entfernt werden. Welcher Art (adsorbierbar oder nicht adsorbierbar) die im Rohwasser gefundenen PSM bzw. PSM-Metaboliten sind, muss vor Auslegung der Aufbereitungsanlage von einem Fachmann geprüft werden.

Neben den zu entfernenden PSM/PSM-Metaboliten muss auch die standortspezifische Wasserbeschaffenheit berücksichtigt werden, da insbesondere der DOC (gelöste organische Wasserinhaltsstoffe) des Wassers für die Standzeit eines Aktivkohlefilters entscheidend ist. Da viele Anteile des DOC ebenfalls gut adsorbieren (z. B. natürliche Huminstoffe), verringert sich die Anzahl der Adsorptionsplätze und damit die Standzeit des Filters erheblich.

Ein Aktivkohlefilter wirkt sehr unselektiv und entfernt viele organische Wasserinhaltsstoffe. Hierbei kann es auch zu einer Verdrängung eines vormals adsorbierten Stoffes durch einen anderen Stoff kommen. Weiterhin hat jeder Filter nur eine beschränkte Aufnahmekapazität und es kann zu Durchbrüchen der zurückzuhaltenden Stoffe in das Trinkwasser kommen. Da die Regeneration einer Aktivkohle am Standort der Aufbereitungsanlage nicht möglich ist, muss das Filtermaterial im Falle eines Durchbruchs ausgetauscht werden.

Das gemäß DIN 2001-1 empfohlene Hintereinanderschalten von zwei Filtern erlaubt es, den ersten Filter nach einem Durchbruch auszuwechseln, ohne dass diese in das Trinkwasser gelangen, sie werden durch den zweiten Filter entfernt. Bei Filterwechsel ist die Reihenfolge der Filter so zu verändern, dass der nachgeschaltete Filter jeweils die unbelastete Aktivkohle enthält.

Nachteilig beim Einsatz der Aktivkohle ist, dass die Entfernung der PSM/PSM-Metaboliten wegen der hohen Analysen-Kosten nur schwer kontrolliert werden kann. Die Kontrolle des Aufbereitungserfolges hat daher nach den Vorgaben des Gesundheitsamtes zu erfolgen.

Zur Planung und Dimensionierung eines Aktivkohlefilters zur PSM-Entfernung sollte die Wasserbeschaffenheit möglichst unter Berücksichtigung zeitlicher Schwankungen bekannt sein. Hierzu sollten die im Anhang A genannten Parameter bestimmt werden.

Die Entfernung sowohl von adsorbierbaren als auch nicht adsorbierbaren organischen Stoffen kann mittels einer Umkehrosmose erreicht werden. Jedoch sollte dann die Umkehrosmoseanlage nicht im Teilstrom (siehe Kapitel 5.6) betrieben werden, um jederzeit eine ausreichende Elimination der PSM/PSM-Metaboliten zu gewährleisten. Zu beachten ist dabei, dass es bei der Vollstromaufbereitung mit einer Umkehrosmose zu einer mehr oder weniger vollständigen Entsalzung des Wassers kommt und zu einem nicht unerheblichen Anfall von Konzentrat. Wegen des korrosiven Verhaltens des Permeats (siehe Kapitel 2.2.4 und 2.2.3) ist eine Nachbehandlung (Entsäuerung) erforderlich. Zur Planung und Dimensionierung einer Umkehrosmoseanlage siehe Kapitel 5.5.4.

Die Nanofiltration zur Entfernung der PSM ist für private Kleinanlagen in der Regel ungeeignet, da die Entfernung von Stoffen mit geringer Teilchenmasse nicht hinreichend hoch ist.

Weitere Einzelheiten zu Betrieb und Kosten sind Kapitel 7.5 und 7.7 zu entnehmen.

5.5.6 Entfernung von Arsen

Unabhängig von der Oxidationsform des Arsens wird in der DIN 2001-1 die Adsorption an porösen Eisenoxiden als Verfahren zur Arsenentfernung genannt. Die mit den Eisenoxiden befüllten Filter wer-

den wie Aktivkohlefilter betrieben. Die eingesetzten Eisenoxide müssen den Anforderungen der Trinkwasserverordnung, insbesondere der Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 der Trinkwasserverordnung entsprechen.

Durch die Reihenschaltung von zwei Adsorptionsfiltern kann die Aufbereitungssicherheit erhöht werden. Gegebenenfalls muss durch einen vorgeschalteten Feinfilter sichergestellt werden, dass die Adsorptionsfilter nicht durch Trübstoffe verblocken.

Zur Planung und Dimensionierung eines Filters zur Arsenentfernung sollte die Wasserbeschaffenheit möglichst unter Berücksichtigung zeitlicher Schwankungen bekannt sein. Hierzu sollten die im Anhang A genannten Parameter bestimmt werden.

Die Entfernung von Arsen gelingt zwar auch mit der Nanofiltration. Die Wirksamkeit der Arsenentfernung ist allerdings abhängig von der Oxidationsstufe des Arsens. Im Allgemeinen gelingt die Entfernung von dreiwertigem Arsen weniger gut.

Weitere Einzelheiten zu Betrieb und Kosten sind Kapitel 7.6 und 7.7 zu entnehmen.

5.6 Dimensionierung und Aufbereitungskonzept

Der Wasserbedarf im häuslichen Bereich wird in erster Linie durch die Lebensgewohnheiten, z. B. sanitäre Ausstattung der Wohnungen, Zahl und Art der Wasser verbrauchenden Geräte oder Ansprüche an die Körperpflege, bestimmt. Bei der Auslegung einer privaten Kleinanlage zur Eigenversorgung ist von einem Wasserbedarf von etwa 150 Liter pro Person und Tag auszugehen.

Der vollständige Wasserbedarf sollte längstens innerhalb von 12 h aufbereitet werden, um über Reserven für einen möglicherweise erhöhten Wasserbedarf zu verfügen. Ein Trinkwasserspeicher hilft, Tagesspitzen auszugleichen und ermöglicht Wartungsarbeiten ohne Unterbrechung der Wasserversorgung. Das Speichervolumen sollte den doppelten Tagesbedarf nicht überschreiten. Bei zeitweilig auftretenden Unterbrechungen der Wassergewinnung, z. B. bei Quellen, sind auch größere Wasserspeicher denkbar. Dabei sind jedoch weitere Vorsichtsmaßnahmen insbesondere zur Vermeidung einer Verkeimung im Wasserspeicher notwendig. Wasserspeicher dürfen nicht im Nebenschluss, sondern müssen so im Durchfluss betrieben werden, dass eine regelmäßige Erneuerung des Wassers gesichert ist. Die Einspeisung von nicht aufbereitetem Wasser, insbesondere von hygienisch belastetem Wasser unter Umfahrung der Aufbereitungsanlage, muss ausgeschlossen sein.

Abb. 3 zeigt ein mögliches Schema einer privaten Kleinanlage mit einer Aufbereitungsanlage und einem Trinkwasserspeicher. Bei dieser Variante mit der Desinfektion vor der Speicherung ist durch gezielte Bewirtschaftung des Speichers sicherzustellen, dass die Stagnationszeit im Trinkwasserspeicher möglichst 12 Stunden nicht überschreitet.

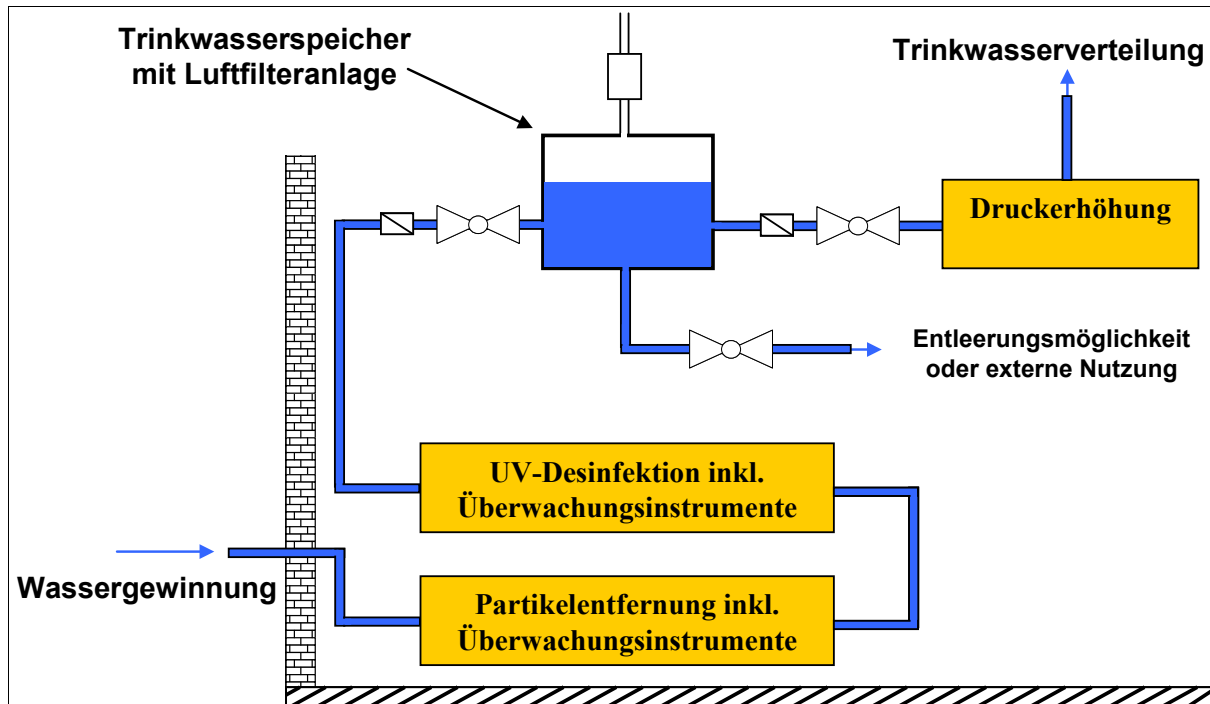


Abb. 3: Mögliches Schema einer privaten Kleinanlage zur Eigenversorgung mit Aufbereitung

Auch die Aufbereitung eines Teilstroms ist möglich, wenn es durch den unaufbereiteten und wieder zugemischten Teilstrom nicht zu einer unzulässigen Erhöhung der Konzentration der zu entfernenden Inhaltsstoffe über den jeweiligen Grenzwerten kommt. Sinnvoll ist die Teilstromaufbereitung insbesondere bei der Entfernung von gelösten Wasserinhaltsstoffen mit Technologien, welche die Stoffe mehr oder weniger vollständig entfernen (Membranverfahren, insbesondere Umkehrosmose, siehe Kapitel 5.5.4). Ist eine zusätzliche Desinfektion des Wassers notwendig, muss die Zusammenführung der Teilströme vor der Desinfektionsanlage erfolgen. Die Einhaltung einer maximalen Trübung von 0,1 – 0,2 Trübungseinheiten (NTU) vor der Desinfektion kann die Filtration über einen Partikelfilter noch vor der Aufteilung der beiden Teilströme erforderlich machen.

6 Hinweise zu Planung und Betrieb von Aufbereitungsanlagen für private Kleinanlagen

6.1 Planung

Aufbereitungsanlagen für private Kleinanlagen zur Eigenversorgung müssen einen zuverlässigen Betrieb unter allen vorhersehbaren Belastungszuständen gewährleisten. So muss z. B. auch bei Schneeschmelzen, Hochwasser oder hohem Wasserbedarf bei saisonalem Betrieb die volle Funktionsfähigkeit der Anlage gegeben sein.

Bei allen Anlagen, insbesondere bei den Ionenaustauschern und Aktivkohlefiltern, sind grundsätzlich Vorkehrungen zu treffen, damit eine Vermehrung von Mikroorganismen innerhalb der Anlage, also eine Verkeimung, ausgeschlossen ist. Eine Spülung sollte möglich sein.

Zur Vermeidung von Druckschlägen durch Öffnen oder Schließen von Ventilen sollte in Kleinanlagen zur Eigenversorgung der Einsatz von Magnetventilen vermieden werden. Ebenso dürfen Anlagen zur Wasserförderung und Druckerhöhung (Pumpen) beim Ein- und Ausschalten keine unzulässigen Druckschläge erzeugen.

Anfallende Rückstände müssen gefahrlos und nach den gesetzlichen Bestimmungen entsorgt werden können. Es sollten möglichst keine gefährlichen oder umweltgefährdenden Stoffe verwendet werden. Sofern die Möglichkeit besteht, sollten daher Verfahren gewählt werden, bei denen auf eine Zugabe von Stoffen durch Dosierung gänzlich verzichtet werden kann.

Es ist auf eine betriebssichere und fehlertolerante Aufbereitungstechnik, die einen hohen Grad an Automatisierung (z. B. für Spül-, Reinigungs- und Desinfektionsvorgänge) ermöglicht und nur wenige Eingriffe von den Betreibern erfordert, zu achten.

6.2 Installation und Inbetriebnahme

Die Anlage zur Wasseraufbereitung und der Speicher sind in einem gut zugänglichen, möglichst kühlen, jedoch frostsicheren und trockenen Raum zu installieren und, sofern lichtdurchlässige Werkstoffe verwendet werden, gegen Lichteinfall zu schützen. Vor der Inbetriebnahme ist die Anlage zu reinigen und zu desinfizieren.

Bei der Installation muss die Anlage mit einem Typenschild mit Angabe von Funktion, Anlagentyp, Hersteller, Baujahr, Nenndruck, Nenndurchfluss/Dauerdurchfluss, elektrischen Anschlusswerten und Wartungsdienst versehen werden. Weiterhin müssen alle wesentlichen Betriebselemente eindeutig, verständlich und dauerhaft in der Art gekennzeichnet sein, dass ihre Funktion erkannt und eine Fehlbedienung vermieden wird. Rohrleitungen sind mit „Rohwasser“ bzw. „Trinkwasser“ unter Angabe der Fließrichtung zu kennzeichnen. Alle Anlagenteile müssen so gestaltet sein, dass unbefugte Manipulationen verhindert bzw. erschwert werden.

Der Lieferant der Anlage muss den Betreiber bei der Inbetriebnahme einweisen. Es empfiehlt sich, darüber ein entsprechendes Protokoll anzufertigen, aus dem die besprochenen Inhalte klar hervorgehen.

6.3 Inspektion und Wartung

Kleinanlagen zur Eigenversorgung werden in der Regel nicht von fachkundigem Personal betrieben. Aus diesem Grund müssen besondere Anforderungen an die Betriebssicherheit gestellt werden. Die DIN 2001-1 fordert daher, dass die Aufbereitungsanlagen eine einfache und kostengünstige Wartung gestatten müssen und so konzipiert sind, dass ein wartungsfreier Betrieb von mindestens 6 Monaten möglich ist.

Einfache Inspektionsarbeiten sollten vom Betreiber nach fachlicher Einweisung und unter Nutzung einer vom Hersteller zu liefernden Anleitung (siehe unten) selbst durchgeführt werden können. Hierunter fällt zum Beispiel das Auffüllen von Verbrauchsmaterial (z. B. Salztabletten) bei Ionenaustauschern oder das Ablesen des Differenzdruckes zwischen Rohwasser und Filtrat.

Wartungsarbeiten dürfen nur durch fachlich geeignetes Personal erfolgen und müssen daher in der Regel vom Betreiber auf eine Wartungsfirma übertragen werden. Teilweise ist für diese Arbeiten besonderes Werkzeug erforderlich. Zu den Wartungsarbeiten gehört zum Beispiel das Messen der Toleranz des UV-Sensors bei Anlagen zur UV-Desinfektion.

Alle Inspektions- und Wartungsarbeiten sind vom Betreiber zu dokumentieren.

Bestandteil jeder Anlage ist eine umfassende und auch für Laien verständliche Betriebs- und Wartungsanleitung in deutscher Sprache möglichst mit Mustern für die Dokumentation. Diese Unterlagen sind sorgfältig aufzubewahren. Eine Kurzfassung ist idealerweise an einem vor Nässe geschützten Ort am Standort der Anlage anzubringen. Sie muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- Datum der Aufstellung und Inbetriebnahme,
- Herstellerfirma mit Telefonnummer,
- notwendige Inspektions- und Wartungsmaßnahmen,
- Wartungsintervalle und Wartungsdienst mit Telefonnummer,
- erforderliche, zugelassene Aufbereitungsstoffe mit Bezugsquelle,
- Ersatzteilbeschaffung,
- Entsorgung von Rückständen,
- Reinigung und gegebenenfalls Desinfektion mit Angabe der hierfür erforderlichen Stoffe und Entsorgung der Rückstände,
- Verhalten bei Betriebsstörungen.

6.4 Überwachung und Kontrolle

Die Funktionen der Aufbereitungsanlage müssen überwachbar sein, beispielsweise durch Druckmessungen bei Filteranlagen. Vor und nach der Aufbereitungsanlage müssen Entnahmestellen für repräsentative Wasserproben für chemische und mikrobiologische Untersuchungen vorhanden sein. Es müssen Wassermengenzähler für das aufbereitete Trinkwasser, erforderlichenfalls auch für das Rohwasser, sowie Betriebsstundenzähler installiert sein.

Der Ausfall oder die Fehlfunktion von wichtigen Anlagenteilen ist durch quittierbare Störmeldung optisch und akustisch anzuzeigen. Wenn durch die Störung das Aufbereitungsziel nicht mehr erreicht werden kann, muss sich die Anlage selbsttätig ausschalten. Diese Funktion darf nicht abschaltbar sein. Wenn durch eine gestörte Aufbereitung Gesundheitsgefahren entstehen können, muss zusätzlich der Wasserdurchfluss automatisch unterbrochen werden.

Die mikrobiologische Qualität des aufbereiteten Trinkwassers ist jährlich zu kontrollieren. Hierzu müssen für Trinkwasseruntersuchungen zugelassene Labors beauftragt werden. Für andere Parameter kann der Untersuchungsabstand durch das Gesundheitsamt in Abhängigkeit von der festgestellten Gefährdung auf bis zu fünf Jahre ausgedehnt werden (siehe Anhang B). Durch eine häufigere Untersuchung insbesondere der mikrobiologischen Parameter erhöht sich die Sicherheit, eine Fehlfunktion der Aufbereitungsanlage oder eine Verkeimung innerhalb der Aufbereitungskette zu erkennen. Eine solche Aufkeimung kann beispielsweise durch unsachgemäßen Betrieb oder zu lange Stagnationszeiten im Trinkwasserbehälter oder im Rohrleitungssystem auftreten.

7 Beschreibung und Bewertung von Aufbereitungsgeräten

Die folgenden Ausführungen geben einen Überblick über derzeit am Markt verfügbare Arten von Trinkwasseraufbereitungsanlagen für Einzelwasserversorger. Es wurden ausschließlich solche Geräte berücksichtigt, welche den in Kapitel 5.5 beschriebenen Anforderungen entsprechen. Dabei handelt es sich um Geräte, die sich im Praxiseinsatz bewährt haben und die von Firmen angeboten werden, die ihre Qualifikation anhand nachprüfbarer Referenzen nachweisen können.

Ergänzend zu den allgemeinen Hinweisen in Kapitel 6 wurden von einigen Herstellern noch weitere, spezifische Auskünfte gegeben, die im Folgenden unter der Rubrik „Besonderheiten“ zusammengefasst wurden.

Die Anforderung der DIN 2001-1 eines wartungsfreien Betriebes von mindestens 6 Monaten wird von vielen auf dem Markt erhältlichen Geräten erreicht. Die meisten Hersteller empfehlen eine jährliche Wartung. Konkrete Aussagen hierzu sind nur auf Basis der Betriebsanleitung des jeweiligen Gerätes möglich. Die zu den jeweiligen Verfahren beschriebenen Inspektions- und Wartungstätigkeiten sind lediglich als Orientierung zu verstehen.

Die nachfolgend angegebenen Investitions- und Betriebskosten sind Nettokosten und gelten für Aufbereitungsgeräte möglichst geringer Größe mit einer Aufbereitungsleistung ausreichend für zwei bis acht Personen. Diese aufgeführten Kosten für eine Kleinanlage zur Eigenversorgung beinhalten noch keine Kosten für eine ordnungsgemäße Wassergewinnung und -speicherung, die Druckerhöhung und die Wasseruntersuchungen. Diese müssen für einen eventuellen Vergleich mit einem möglichen Anschluss an die öffentliche Trinkwasserversorgung zusätzlich berücksichtigt werden.

7.1 Filtration zur Trübstoffentfernung

7.1.1 Nicht spülbare Feinfilter

Besonderheiten:	<p>Es wird eine zweistufige Filtereinheit mit Grob- und Feinfilter (üblicherweise 10 µm und 1 µm) empfohlen.</p> <p>Es wird ein Manometer zur Messung des Druckverlustes vor und nach jeder Filterstufe empfohlen.</p> <p>Es wird ein Vordruck von mindestens 1 bar benötigt. Bei höheren Eingangstrübungen kann der Druckverlust jedoch schnell höhere Werte annehmen.</p>
Vorbehandlung:	Keine
Spülung:	Keine
Regeneration/Chemische Spülung:	Keine
Abwasser:	Keines
Inspektion/Wartung:	<p>Während des Betriebes sind die Drücke vor und nach den Filtern wöchentlich zu kontrollieren. Bei Überschreitung eines maximalen Druckverlustes (gerätetypabhängig) müssen die Filterkerzen ausgetauscht werden.</p> <p>Bei Inbetriebnahme der Filter und nach Austausch der Filterkerzen müssen die Gehäuse inkl. Filterkerzen und Anschlussleitungen nach Vorgabe des Geräteherstellers desinfiziert und gespült werden.</p> <p>Der Wechsel der Filterkerzen kann nach erfolgter Einweisung auch durch den Betreiber erfolgen. Allerdings erfordert die im Anschluss notwendige Desinfektion der Anlage den Umgang mit Gefahrstoffen wie Wasserstoffperoxid oder Natriumhypochlorit. Die gebrauchten Filterelemente können über den Restmüll entsorgt werden.</p> <p>Im Falle einer nachgeschalteten UV-Desinfektion sollte die Trübung im Ablauf des Filters in mindestens einwöchigen Abständen kontrolliert werden.</p>
Nutzungsdauer; Standzeiten:	<p>Ca. 20 Jahre für das Filtergehäuse und die Verrohrung.</p> <p>Aus hygienischen Gründen ist es notwendig, die Filterkerzen mindestens alle 6 Monate zu wechseln. Bei starken Eintrübungen des Rohwassers kann der Wechsel der Filter eher notwendig werden. Dadurch erhöhen sich die Betriebskosten.</p>
Investitionskosten:	<p>Investition für zweistufige Anlage ca. 400 €</p> <p>Einbau ca. 100 €</p>
Betriebskosten:	<p>Je Filterwechsel (beide Stufen) ca. 150 €.</p> <p>Die für die Druckerzeugung erforderlichen Stromkosten sind vernachlässigbar.</p>
Netto-Gesamtkosten pro m ³ Trinkwasser:	<p>Für ein zweistufiges System bei oben angegebener Nutzungsdauer und zweimaligem jährlichen Filterwechsel:</p> <p>2 Personen: 3,00 €/m³</p> <p>5 Personen: 1,20 €/m³</p> <p>8 Personen: 0,75 €/m³</p>

7.1.2 Ultra- und Mikrofiltration

Besonderheiten:	Die wesentlichen Prozesse bei Ultra- und Mikrofiltrationsanlagen für Kleinanlagen zur Eigenversorgung sind automatisiert. Sie verfügen jedoch nicht über eine Einrichtung zur automatischen chemischen Spülung oder Reinigung. Insbesondere unmittelbar nach Inbetriebnahme neuer Module ist darauf zu achten, dass das filtrierte Wasser nach den Vorgaben des Herstellers ausreichend lange verworfen wird, ehe es in den Trinkwasserspeicher gelangt. Häufig enthalten neue Module Konservierungsstoffe, die zu einer Aufkeimung im Trinkwasser führen können, wenn sie nicht vollständig ausgespült werden.
Vorbehandlung:	Es wird ein Vordruck von mindestens ca. 2 bar benötigt. Der Stromverbrauch liegt etwa bei 0,2 kWh/m ³ Trinkwasser.
Spülung:	Bei Bedarf Kerzenfilter mit einer Filterfeinheit von < 300 µm. Mit Filtrat und einer separaten Spülpumpe aus einem Filtrat-speicherbehälter. Bei Anlagen mit mindestens zwei Membranmodulen wird häufig mit dem Filtrat des jeweils anderen Moduls gespült. Hierzu muss zur Erzeugung des notwendigen Spüldruckes ein ausreichend hoher Rohwasserdruck vorhanden sein.
Regeneration/ Chemische Spülung:	Irreversibel verschmutzte Membranmodule, d. h. Membranmodule, die sich nicht mehr durch normale Spülungen reinigen lassen, müssen im Rahmen eines Wartungsvertrages durch neue bzw. regenerierte Module ersetzt werden.
Abwasser:	Das bei der Spülung anfallende Abwasser (ca. 5-15 % des Zulaufwassers) enthält keine Chemikalien. Es kann in den Kanal bzw. die Hauskläranlage eingeleitet werden. Chemikalienhaltige Abwässer, die ggf. bei der Reinigung der Membranen durch die Wartungsfirma anfallen, müssen aufgefangen und entsorgt werden.
Inspektion/Wartung:	Die vom Betreiber durchzuführenden Wartungstätigkeiten bestehen in der täglichen Sichtkontrolle und der Erfassung von Druck und Durchsatz. Die Überprüfung der Membranen bzw. deren Austausch und die Reinigung der Anlage müssen im Rahmen eines Wartungsvertrages erfolgen.
Nutzungsdauer; Standzeiten:	Ca. 10 Jahre für die gesamte Anlage
Investitionskosten:	Investition ca. 3.000 – 5.000 € Einbau ca. 600 – 1.600 € Die Kosten gelten für Anlagen mit einem Durchfluss von 200 bis 400 l/h.
Betriebskosten:	Wartungskosten ca. 300 € pro Jahr. Modulaustausch ca. 200 – 300 € je Kleinmodul mit einer Fläche von ca. 5 m ² .
Netto-Gesamtkosten pro m ³ Trinkwasser:	Für ein System bei oben angegebener Nutzungsdauer und einmaligem jährlichen Membranmodulwechsel 2 Personen: 6,00 – 12,00 €/m ³ 5 Personen: 2,50 – 5,00 €/m ³ 8 Personen: 1,50 – 3,00 €/m ³

7.2 UV-Desinfektion

Besonderheiten:	<p>Soweit der Lieferant der Strahler bei der Stiftung „elektro-altgeräte register“ (im Internet unter: www.stiftung-ear.de) angemeldet ist, können verbrauchte Strahler gemäß Elektro- und Elektronikgerätegesetz bei Sammelstellen für Leuchtstoffröhren entsorgt werden.</p> <p>Der Energiebedarf liegt bei ca. 0,05 kWh/m³ soweit der Strahler nur bei Durchfluss betrieben wird. Ein dauerhafter Betrieb setzt voraus, dass die entstehende Wärme über die Reaktorwand abgeführt wird. Der Energiebedarf kann dann mit 430 kWh/a angegeben werden.</p> <p>Es wird ein Vordruck von ca. 1 bar benötigt. Wird das aufbereitete Wasser direkt in die Installation eingespeist und nicht in einen Speicherbehälter, ist ein entsprechend höherer Druck erforderlich.</p> <p>Es ist sicherzustellen, dass der maximale Durchfluss nicht überschritten werden kann.</p>
Vorbehandlung:	Partikelentfernung bis auf Trübungen < 0,2 NTU.
Spülung:	Keine
Regeneration/Chemische Spülung:	Keine
Abwasser:	Keines
Inspektion/Wartung:	Durch den Betreiber können die Anlagen gespült und ggf. von Ablagerungen auf dem Strahler befreit werden. Durch die Wartungsfirma muss der Strahler nach 10.000 Betriebsstunden oder spätestens nach 2 Jahren ausgetauscht werden. Außerdem muss die Firma den Sensor zur Kontrolle der Bestrahlungsintensität überprüfen und bei Bedarf austauschen.
Nutzungsdauer; Standzeiten:	Ca. 10 Jahre für die gesamte Anlage
Investitionskosten:	Investition ca. 2.750 – 5.500 € Einbau ca. 300 – 900 €
Betriebskosten:	Wartungskosten ca. 200 – 250 € pro Jahr. Strahlerwechsel ca. 300 € pro Jahr. Stromkosten ca. 0,01 €/m ³ , soweit der Strahler nur bei Durchfluss in Betrieb ist. Bei Dauerbetrieb des Strahlers (50 W) liegen die Stromkosten zwischen 0,20 und 0,78 €/m ³ .
Netto-Gesamtkosten pro m ³ Trinkwasser:	Für ein System bei oben angegebener Standzeit und Dauerbetrieb des Strahlers: 2 Personen: 6,00 – 11,00 €/m ³ 5 Personen: 2,50 – 4,50 €/m ³ 8 Personen: 1,50 – 3,00 €/m ³

7.3 Entsäuerung durch Filtration über Calciumcarbonat

Besonderheiten:	Die Anhebung des pH-Wertes erfolgt bei Kleinanlagen zur Eigenversorgung vorzugsweise durch Filtration über Calciumcarbonat in geschlossenen Filtern aus glasfaserverstärktem Kunststoff mit Polyethylenauskleidung oder beschichtetem Stahl. Die Kontrolleinheit der Geräte steuert den automatischen Ablauf von Aufbereitung und Spülung. Da bei der Filtration auch Trübstoffe sowie Eisen und Mangan zurückgehalten werden, steigt der Druckverlust bei der Durchströmung des Filters mit der Zeit an. Bei Überschreiten eines zuvor festgelegten Druckverlustes muss der Filter gespült werden. Mit der Entsäuerung ist zwangsläufig auch ein Anstieg der Wasserhärte verbunden. Dies ist aus hygienischer und physiologischer Sicht kein Nachteil. Für die Entsäuerung wird eine hinreichend lange Aufenthaltszeit des Wassers im Filter benötigt. Diese wird vom Fachmann festgelegt und durch den Filterdurchsatz eingestellt. Bei dem Prozess wird Filtermaterial verbraucht, wobei die Menge von der Beschaffenheit des Wassers und dem Durchsatz abhängt. Es wird ein Vordruck von ca. 2,5 bar benötigt.
Vorbehandlung:	Keine
Spülung:	Die Spülung erfolgt üblicherweise mit Filtrat aus einem Filtratbehälter. Weist das Zulaufwasser keine mikrobiologischen Belastungen auf, kann auch dies zur Spülung verwendet werden. Damit entfällt der Filtratbehälter.
Regeneration/Chemische Spülung: Abwasser:	Keine Die bei der Spülung anfallenden Wässer können in die Hauskläranlage oder den Kanal eingeleitet werden. Sie verbessern in der Regel das Absetzverhalten des Schlammes in biologischen Kläranlagen.
Inspektion/Wartung:	Der Betreiber muss den Füllstand in der Anlage regelmäßig kontrollieren und bei Bedarf Material nachfüllen sowie den Durchsatz durch die Anlage überwachen und einstellen. Der durch die Filtration entstehende Druckverlust ist zu kontrollieren und das Spülintervall ggf. zu verkürzen. Die gesamte Anlage sollte einmal jährlich durch eine Fachfirma gewartet werden. Hierbei werden alle Funktionen und Abläufe der Aufbereitung und Spülung sowie die Notwendigkeit, Calciumcarbonat nachzufüllen, überprüft.
Nutzungsdauer; Standzeiten:	Ca. 20 Jahre für die gesamte Anlage
Investitionskosten:	Investition ca. 1.500 – 2.000 € Installation und Inbetriebnahme ca. 500 €
Betriebskosten:	Wartungskosten ca. 250 € pro Jahr. Kosten für das Nachfüllen des Calciumcarbonats ca. 50 € pro Jahr (abhängig von Rohwasserqualität und Durchsatz)
Netto-Gesamtkosten pro m ³ Trinkwasser:	Für ein System bei oben angegebener Standzeit: 2 Personen: 3,00 – 4,00 €/m ³ 5 Personen: 1,50 – 2,00 €/m ³ 8 Personen: 1,00 – 1,50 €/m ³

7.4 Nitratentfernung durch Ionenaustausch

Besonderheiten:	Zur Steuerung des automatischen Ablaufs von Aufbereitung, Spülung und Regeneration verfügen die Geräte über eine Kontrolleinheit. Durch den Austausch von Nitrat und Sulfat gegen Chlorid können sich die korrosionschemischen Eigenschaften des Trinkwassers nachteilig verändern. Durch Fachleute muss geprüft werden, ob Maßnahmen zum Schutz der Installation erforderlich sind. Mittels eines Mischventils kann das aufbereitete Wasser in einem festen Verhältnis mit Rohwasser gemischt werden. Dadurch kann die Anlage auf eine gewünschte Nitratkonzentration eingestellt werden. Es ist zu beachten, dass die im Trinkwasser erhöhte Chloridkonzentration korrosionsfördernd sein kann. Die Geräte benötigen einen Vordruck im Bereich von ca. 3 bar.
Vorbehandlung:	Gegebenenfalls Feinfilter mit Filterfeinheit von ca. 100 µm.
Spülung:	Der Ionenaustauscher wird vor und nach der Regeneration mit Rohwasser gespült.
Regeneration/Chemische Spülung: Abwasser:	Mit Regeneriersalz (Kochsalzlösung, Natriumchlorid) Die Abwässer, die bei der Spülung bzw. Regeneration anfallen, enthalten Schmutzpartikel und vorwiegend Natriumchlorid. Je Kubikmeter aufbereitetes Wasser fallen ca. 60 Liter Spülwasser an. Die Spülwässer können in den Kanal eingeleitet werden. Eine Einleitung in die Hauskläranlage muss aufgrund der hohen Salzkonzentrationen geprüft werden.
Inspektion/Wartung:	Der Betreiber muss im Abstand von maximal 2 Monaten den Verbrauch an Regeneriersalz und den Wasserdurchsatz kontrollieren. Entspricht das Verhältnis beider Werte nicht den Herstellerangaben, wurde die Anlage nicht sachgemäß regeneriert. Das Regeneriersalz ist regelmäßig nachzufüllen. Im Rahmen des Wartungsvertrages müssen die Aufbereitungs-, Spül- und Regenerationsabläufe überprüft werden. Die Nitratkonzentration im Roh- und Reinwasser ist zu kontrollieren.
Nutzungsdauer; Standzeiten:	Ca. 10 Jahre für die gesamte Anlage
Investitionskosten:	Investition ca. 3.000 – 3.500 € Installation und Inbetriebnahme ca. 700 – 800 €
Betriebskosten:	Wartungskosten ca. 250 € pro Jahr. Die Kosten für das zur Regeneration benötigte Regeneriersalz hängen vom Nitratgehalt des Rohwassers und der Aufbereitungsmenge ab. Bei einem Nitratgehalt des Rohwassers von 90 mg/l werden etwa 0,5 kg Regeneriersalz je Kubikmeter aufbereitetes Wasser benötigt. Als Richtwert können daraus Kosten von bis zu 250 € pro Jahr entstehen.
Netto-Gesamtkosten pro m ³ Trinkwasser:	Für ein System bei oben angegebener Nutzungsdauer: 2 Personen: 7,00 – 8,00 €/m ³ 5 Personen: 3,00 – 4,00 €/m ³ 8 Personen: 2,00 – 2,50 €/m ³

7.5 PSM-Entfernung durch Adsorption an Aktivkohle

Besonderheiten:

Zur Steuerung des automatischen Ablaufs von Aufbereitung und Spülung verfügen die Geräte über eine Kontrolleinheit. Die auf dem Markt angebotenen Anlagen sind dafür gedacht, Geruchs- und Geschmacksstoffe zu entfernen und ggf. auch Chlor zu zerstören. Sie sind jedoch nicht für die Entfernung von Pflanzenschutzmitteln ausgelegt worden. Bei Bedarf können von erfahrenen Fachfirmen jedoch Anlagen für die Entfernung von Pflanzenschutzmitteln durch Adsorption an Aktivkohle gebaut werden. Allerdings existieren derzeit keine Erfahrungen mit derartigen Anlagen in der hier zu betrachtenden Größe. Erfahrungen aus der Großtechnik sind nur bedingt übertragbar. Problematisch sind sicher die nur kurzen Laufzeiten der Aktivkohlefilter, wenn sie zur Entfernung von PSM eingesetzt werden. Beim Einsatz neuer Aktivkohle muss überprüft werden, ob der pH-Wert des aufbereiteten Wassers den Anforderungen entspricht. Gegebenenfalls muss das Wasser anfangs verworfen werden, bis die Aktivkohle den pH-Wert nicht mehr beeinflusst. Es wird ein Vordruck von ca. 2,5 bar benötigt.

Vorbehandlung:

Keine

Spülung:

Zur Entfernung von Ablagerungen kann der Filter mit Rohwasser gespült werden.

Regeneration/Chemische Spülung:

Keine

Abwasser:

Das bei der Spülung anfallende Abwasser kann der Hauskläranlage bzw. der Kanalisation zugeführt werden.

Inspektion/Wartung:

Im Rahmen des Wartungsvertrages müssen die Abläufe bei Aufbereitung und Spülung überprüft werden. Der Betreiber der Anlage muss durch wöchentliche Inspektionen die Dichtheit und den Druckverlust der Anlage überprüfen.

Nutzungsdauer; Standzeiten:

Ca. 20 Jahre für das Filtergehäuse und die Steuerung. Die geschätzte Standzeit der Aktivkohle bis zur vollständigen Beladung wird mit 2 Jahren abgeschätzt. Die tatsächliche Standzeit der Aktivkohle ist stark von der Rohwasserbeschaffenheit, der Art der Aktivkohle und der Betriebsweise abhängig und kann wesentlich kürzer sein.

Investitionskosten:

Für eine Anlage, bestehend aus geschlossenem Filter und Steuergerät ca. 2.700 €

Betriebskosten:

Wartungskosten ca. 375 € pro Jahr

Zu den Kosten müssen die Kosten für die notwendigen Trinkwasseranalysen hinzugefügt werden. Diese Analysen müssen zumindest am Beginn der Filternutzung in relativ kurzen Abständen durchgeführt werden, um die tatsächliche Standzeit der Aktivkohle zu ermitteln.

Netto-Gesamtkosten pro m³ Trinkwasser:

Für ein System bei oben angegebener Nutzungsdauer:
2 Personen: 5,00 €/m³

5 Personen: 2,00 €/m³

8 Personen: 1,50 €/m³

7.6 Arsenentfernung durch Adsorption an granuliertem Eisenhydroxid

Besonderheiten:	Für die Entfernung von Arsen durch Filtration über poröses Eisenoxid werden in Deutschland derzeit keine Seriengeräte angeboten. Prinzipiell können aber geschlossene Schnellfilter genutzt werden, wie sie auch für die Entsäuerung oder Aktivkohlefiltration angeboten werden.
Vorbehandlung:	Es wird ein Vordruck von ca. 2,5 bar benötigt. Unter Umständen muss der Anlage eine Stufe zur Enteisung und Entmanganung vorgeschaltet werden. Diese verursacht zusätzliche Kosten.
Spülung:	Zur Entfernung von Ablagerungen kann der Filter mit Rohwasser gespült werden.
Regeneration/Chemische Spülung: Abwasser:	Keine Das bei der Spülung anfallende Abwasser kann der Hauskläranlage bzw. der Kanalisation zugeführt werden.
Inspektion/Wartung:	Im Rahmen eines Wartungsvertrages ist jährlich zu überprüfen, ob die erforderlichen Spülvorgänge vom Steuergerät ordnungsgemäß ausgelöst und durchgeführt werden. Der Betreiber der Anlage muss durch wöchentliche Inspektionen die Dichtheit und den Druckverlust der Anlage überprüfen.
Nutzungsdauer; Standzeiten:	Ca. 20 Jahre für die gesamte Anlage. Aussagen über die mögliche Standzeit der Filter können nicht pauschal gemacht werden. Die Standzeit wird jedoch durch die Anwesenheit von Phosphat-Ionen im Rohwasser und hohe pH-Werte herabgesetzt.
Investitionskosten:	Investition ca. 4.000 € Einbau ca. 1.000 €
Betriebskosten:	Wartungskosten ca. 250 € pro Jahr
Netto-Gesamtkosten pro m ³ Trinkwasser:	Für ein System bei oben angegebener Nutzungsdauer: 2 Personen: 4,50 €/m ³ 5 Personen: 2,00 €/m ³ 8 Personen: 1,50 €/m ³

7.7 Umkehrosmose zur Entfernung von Nitrat, PSM und Arsen

Besonderheiten:	Durch die Hochdruckpumpe wird ein Anteil des Rohwassers von maximal 50 % durch die Umkehrosmosemembranen gedrückt und als Trinkwasser abgegeben. Der verbleibende Teil wird als Konzentrat verworfen. Höhere Ausbeuten können nur erreicht werden, wenn Antiscalants eingesetzt werden, wovon jedoch abgeraten wird. Die Membranen werden auf der Rohwasserseite kontinuierlich mit dem Konzentrat überströmt. Das abgegebene Trinkwasser muss in der Regel zusätzlich einer Aufbereitung gemäß Kapitel 5.5.3 unterzogen werden. Es wird ein Vordruck von ca. 2,5 bar benötigt. Der Energiebedarf liegt bei ca. 5 kWh/m ³ .
Vorbehandlung:	Feinfilter mit einer Filterfeinheit zwischen 5 und 10 µm (so weit nicht bereits Bestandteil der Anlage).
Spülung:	Keine
Regeneration/Chemische Spülung:	Die chemische Spülung der Membranen ist nicht automatisiert und nur durch Fachfirmen und auf Basis einer vom Hersteller bereitgestellten Anleitung möglich.
Abwasser:	Ca. 50 – 90 % der durchgesetzten Wassermenge
Inspektion/Wartung:	Jährliche Wartung durch Fachfirma, mechanische und elektrische Funktionsprüfung der Pumpen und Ventile, Dichtheitsprüfung; Austausch des Feinfilters. Tägliche Kontrolle der Volumenströme von Trinkwasser und Konzentrat, ggf. elektrische Leitfähigkeit messen.
Nutzungsdauer; Standzeiten:	Ca. 20 Jahre (Austausch der Membranmodule nach 7-10 Jahren)
Investitionskosten:	Ca. 4.000 – 6.000 € (Hinzu kommen die Kosten für die nachfolgende Entsäuerung, die hier nicht berücksichtigt sind.)
Betriebskosten:	Wartungskosten ca. 300 € Modulkosten ca. 300 € Stromkosten ca. 1 €/m ³
Netto-Gesamtkosten pro m ³ Trinkwasser:	Für ein System bei oben angegebener Nutzungsdauer: 2 Personen: 9,00 €/m ³ 5 Personen: 4,00 €/m ³ 8 Personen: 3,00 €/m ³

7.8 Speicher

In Kapitel 5.6 wurde die Notwendigkeit eines Trinkwasserspeichers erläutert. Die Kosten für geeignete Speicher sind von deren Volumen abhängig und liegen netto zwischen 500 € und 1.000 €. Die sich daraus ergebenden zusätzlichen spezifischen Kosten für den Trinkwasserspeicher sind je nach Personenanzahl wie folgt kalkulierbar:

2 Personen 0,20 – 0,50 €/m³

5 Personen 0,10 – 0,20 €/m³

8 Personen 0,05 – 0,10 €/m³

Der Anwender muss den Behälter regelmäßig inspizieren und ggf. reinigen. Der Behälter ist in die hygienischen Untersuchungen des Trinkwassers einzubeziehen. Gegen ein Eindringen von Stoffen sind die Be- und Entlüftungsöffnungen mit entsprechenden Luftfiltern auszurüsten.

8 Checkliste zur Angebotsanfrage/Ausschreibung

Um qualifizierte und vergleichbare Angebote über Anlagen zur Trinkwasseraufbereitung zu erhalten, muss eine umfassende Anfrage formuliert werden. Diese sollte nur an qualifizierte Unternehmen mit entsprechenden Referenzen versendet werden.

Das Aufbereitungsverfahren sollte vom Betreiber der Anlage ausschließlich unter Einbeziehung von Fachleuten festgelegt und dem Bieter vorgegeben werden.

Folgende Angaben sollten in der Anfrage enthalten sein:

- Formulierung des Aufbereitungsziels
- Maximaler täglicher Wasserbedarf
- Zahl der zu versorgenden Haushalte und Personen
- Angaben über weitere Nutzungen (Gewerbe etc.)
- Wasseranalysen in Abhängigkeit von der Gefährdungsanalyse und vom Aufbereitungsziel (siehe Kapitel 7.1 – 7.7), insbesondere bei ungünstigen Witterungsbedingungen
- Soweit bekannt, Angaben über mögliche Veränderungen der Wasserbeschaffenheit nach Starkregen oder bei Schneeschmelze
- Angaben zur vorhandenen Installation (z. B. Art des Brunnens, vorhandene Druckerhöhungsanlage, Rohwasser- bzw. Trinkwasserspeicher)

Die für die Planung von Aufbereitungsanlagen erforderlichen Untersuchungen sind in Anhang A „Parameter für die Rohwasseranalyse“ aufgeführt.

Unter Umständen fordern die Hersteller bzw. Lieferanten der Aufbereitungsanlagen zusätzliche Analysen unter Einbeziehung zusätzlicher Parameter an. Teilweise wird die Durchführung der Analysen von diesen auch als Dienstleistung angeboten.

Um die Angebote später vergleichen zu können, müssen neben den Investitionskosten folgende Angaben angefordert werden:

- Zu erwartender Aufbereitungserfolg (z. B. Desinfektionswirksamkeit bzw. Restkonzentration an Nitrat)
- Zu erwartende mittlere Konzentration über den Austauschzyklus beim Einsatz eines Ionenaustauschers
- Zu erwartender Druckverlust bei maximaler Wasserentnahme
- Erforderlicher Platzbedarf für den Einbau
- Kosten für den Einbau inklusive der Erstellung aller erforderlichen Leitungen und elektrischer Anschlüsse
- Kosten für die Inbetriebnahme
- Adressen regionaler Servicepartner für Einbau, Inbetriebnahme und Wartung
- Angebot über einen Wartungsvertrag inklusive Auflistung der darin enthaltenen Leistungen und Anfahrtskosten
- Schätzung der Betriebskosten für ein Jahr (z. B. Energiebedarf, benötigte Aufbereitungsstoffe, Verbrauchsmaterial, Ersatzteile, Kosten für Trinkwasseruntersuchungen und Wartungskosten)
- Zu erwartende Nutzungsdauer der Anlage bzw. der Komponenten
- Bestätigung über Konformität der Werkstoffe und Materialien bzw. der Anlage und Komponenten mit dem DVGW-Regelwerk bzw. den Anforderungen der Trinkwasserverordnung sowie CE-Prüfzeichen
- Deutschsprachige Bedienungs- und Wartungsanleitung, soweit möglich diese bereits zusenden lassen

Alternativen zum angefragten Gerät sollten nur akzeptiert werden, wenn sie den hier beschriebenen Anforderungen an Verfahren und Material entsprechen.

9 Quellen, Literatur, Links

- Die aktuelle Trinkwasserverordnung ist erhältlich im Internet unter www.gesetze-im-internet.de.
- Die Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 Trinkwasserverordnung ist auf der Internetseite des Umweltbundesamtes zu finden. - www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser/rechtliche-grundlagen-empfehlungen-regelwerk/aufbereitungsstoffe-desinfektionsverfahren-ss-11
- Auf der Internetseite des Robert Koch-Instituts <https://tools.rki.de/plztool> kann das zuständige Gesundheitsamt ermittelt werden.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK [Hrsg.] (2015): Statistische Berichte – Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in Bayern 2013 (Bestellnummer Q11003 201351): 63 S., München – www.statistik.bayern.de/veroeffentlichungen (Abruf am 01.08.2018).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2018): Allgemeine Daten zur Wasserwirtschaft – www.lfu.bayern.de/wasser/allgemeine_daten_wasserwirtschaft (Abruf am 01.08.2018).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2018): Kartendarstellung der Anschlussgrade auf Gemeindeebene (Stand 2013) – www.lfu.bayern.de/wasser/trinkwasserversorgung_oeffentlich/wasserversorgungsunternehmen/stuktur/pic/nzmd_anschlussgrad_gem_karte.jpg (Abruf am 01.08.2018).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [Hrsg.] (2017): Grundwasser für die öffentliche Wasserversorgung: Nitrat und Pflanzenschutzmittel – Berichtsjahre 2013 – 2015: 53 S., Augsburg – www.lfu.bayern.de/wasser/grundwasserbeschaffenheit/nitrat_psm (Abruf am 01.08.2018).
- Beim Beuth Verlag können die einschlägigen DIN Normen (z. B.: DIN 2000, DIN 2001-1, DIN 1988 oder DIN EN 806) erworben werden, www.beuth.de.
- Die DVGW-Arbeitsblätter sind unter www.dvgw.de erhältlich.
- Zertifizierte wasserfachliche Produkte werden vom DVGW gelistet unter: www.dvgw-cert.com/de/produkte-wasser/verzeichnisse.html.
- Die Merkblattsammlung des LfU ist erhältlich im Internet unter www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung.
- UMWELTBUNDESAMT [Hrsg.] (2007): Trink was - Trinkwasser aus dem Hahn: 24 S., Dessau – www.umweltbundesamt.de/publikationen (Abruf am 01.08.2018).
- UMWELTBUNDESAMT [Hrsg.] (2013): Gesundes Trinkwasser aus eigenen Brunnen und Quellen: 98 S., Dessau – www.umweltbundesamt.de/publikationen (Abruf am 01.08.2018).
- Wasserfachliche Institute sind z. B. das *IWW Zentrum Wasser - Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH*, das *TZW: DVGW - Technologiezentrum Wasser* oder der *DVGW - Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.*

Anhang

Anhang A: Parameter für die Rohwasseranalyse

In den beiden nachfolgenden Listen sind die Parameter aufgeführt, welche unter anderem zur Auslegung einer Aufbereitungsanlage benötigt werden (siehe dazu in Kapitel 5).

Umfang der Erstuntersuchung

Mikrobiologische Untersuchungen	<i>E. coli</i> , Enterokokken, coliforme Bakterien, <i>Clostridium perfringens</i> , Koloniezahl 22 °C, Koloniezahl 36 °C
Chemische Untersuchungen	Färbung, Geruch, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoff, Ammonium, Nitrat, Nitrit, Eisen, Mangan, TOC oder Oxidierbarkeit, Trübung

Parameter, die zur Bestimmung der Calcitlösekapazität (nach TrinkwV) zusätzlich erforderlich sind: Säurekapazität bis pH 4,3, Basekapazität bis pH 8,2, Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium, Chlorid, Nitrat, Sulfat, (Phosphat)

Zusätzliche verfahrensspezifische Untersuchungen vor Anlagenplanung

Feinfilter (nicht spülbar), Ultrafiltration	Trübungsänderung bei Starkregen oder Schneeschmelze, Summe gelöster organischer Kohlenstoffverbindungen (DOC), Eisen, Mangan, Aluminium
UV-Desinfektion	Trübung, Eisen, Mangan, spektraler Schwächungskoeffizient bei 254 nm (SSK 254) oder spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm (SAK 254), Calcitabscheidekapazität (Parameter wie bei Calcitlösekapazität)
Entsäuerung	Parameter der Calcitlösekapazität, Eisen, Mangan und Aluminium
Nitratentfernung mittels Ionenaustausch	Nitrat, Sulfat
PSM-Entfernung mittels Aktivkohle	Pflanzenschutzmittel und Metaboliten (Hinweise, welche Substanzen untersucht werden sollten, sind in der Verordnung zur Eigenüberwachung von Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen Anlage 1 Teil 2 enthalten), Summe organischer Kohlenstoffverbindungen (TOC)
Arsenentfernung	Arsen (ggf. differenziert nach Oxidationsstufen), Phosphat
Umkehrosmose	Säure- und Basenkapazität, Barium, Calcium, Magnesium, Strontium, Bor, Natrium, Kalium, Eisen, Mangan, Kieselsäure, Sulfat, Fluorid, DOC

Anhang B: Parameter für die Trinkwasseranalyse

Folgende Parameter sollten zusätzlich zu den gesetzlich vorgeschriebenen Untersuchungen analysiert werden, um die Wirksamkeit der Anlage und deren Betrieb zu überwachen:

Zusätzliche Untersuchungen zur Überwachung der Anlage

Feinfilter (nicht spülbar), Ultrafiltration	Trübung nach Filtration
UV-Desinfektion	Trübung, mikrobiologische Untersuchungen
Entsäuerung	pH-Wert, Parameter der Calcitlösekapazität
Nitratentfernung mittels Ionenaustausch	Nitrat, Chlorid, Natrium, vorsorglich bzw. bei Verdacht auf Anreicherung von Keimen im Ionenaustauscher auch hygienische Untersuchungen
PSM-Entfernung mittels Aktivkohle	pH-Wert bei Neubefüllung mit Aktivkohle PSM-Parameter und Untersuchungshäufigkeit sind in Abstimmung mit dem Gesundheitsamt festzulegen. Sobald Erfahrungen über die Standzeit der Aktivkohle vorliegen, kann der Abstand der Untersuchungen ausgedehnt werden. Bei Verdacht auf Anreicherung von Keimen im Filter bzw. prophylaktisch auch hygienische Untersuchungen.
Arsenentfernung	Arsen (ggf. differenziert nach Oxidationsstufen), pH-Wert Bei Neubefüllung auch Schwermetalle zum Ausschluss von Verunreinigungen durch das Adsorptionsmaterial.
Umkehrosmose	Elektrische Leitfähigkeit, je nach Aufbereitungsziel Arsen, Nitrat, PSM Bei Verdacht auf Anreicherung von Keimen zw. prophylaktisch auch hygienische Untersuchungen.

