

**Mikrobiologische und chemische Qualität von Wasser am  
Beispiel Süddeutschland, Österreich und Schweiz sowie  
Auswirkungen der neuen EU-Trinkwasserrichtlinie**

von Sibylle Ilona Heilinger

*Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität  
München*

**Mikrobiologische und chemische Qualität von Wasser am  
Beispiel Süddeutschland, Österreich und Schweiz sowie  
Auswirkungen der neuen EU-Trinkwasserrichtlinie**

von Sibylle Ilona Heilinger  
aus Kempten im Allgäu

München 2022

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität  
München

Lehrstuhl für Hygiene und Technologie der Milch

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:

Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. Erwin P. Märtlbauer

Angefertigt in: Labor- und Dienstleistungszentrum muva kempten GmbH

Mentorin: Frau Dr. Monika Knödseder

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

**Dekan:** Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

**Berichterstatter:** Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. Erwin P. Märtlbauer

**Korreferent/en:** Univ.-Prof. Dr. Claudia Guldemann, Ph.D.

**Tag der Promotion:** 12. Februar 2022

*Für meine Großeltern*

*&*

*meine Eltern*

# Inhalt

|       |                                                                                                                        |    |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I     | Einleitung .....                                                                                                       | 1  |
| II    | Literaturübersicht .....                                                                                               | 5  |
| 1     | Begriffsbestimmungen .....                                                                                             | 5  |
| 1.1   | Koloniebildende Einheit - KBE .....                                                                                    | 5  |
| 1.2   | Plaque Forming Unit – PFU .....                                                                                        | 5  |
| 1.3   | Trinkwasser .....                                                                                                      | 5  |
| 1.4   | Wassertypen in der Schwimm- und Badebeckenhygiene .....                                                                | 6  |
| 2     | Kriterien für sicheres Trinkwasser .....                                                                               | 7  |
| 2.1   | Mikrobiologische Parameter, die in die Neufassung der<br>Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184 aufgenommen wurden ..... | 7  |
| 2.1.1 | <i>Legionella</i> spp. ....                                                                                            | 7  |
| 2.1.2 | Somatische Coliphagen .....                                                                                            | 8  |
| 2.2   | Chemische Parameter, die in die Neufassung der Trinkwasserrichtlinie<br>(EU) 2020/2184 aufgenommen wurden .....        | 10 |
| 2.2.1 | Bisphenol A .....                                                                                                      | 10 |
| 2.2.2 | Chlorat/Chlorit .....                                                                                                  | 10 |
| 2.2.3 | Halogenessigsäuren (HAA5) .....                                                                                        | 11 |
| 2.2.4 | Microcystin-LR .....                                                                                                   | 12 |
| 2.2.5 | Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen - PFAS .....                                                                   | 12 |
| 2.2.6 | Trübung im Wasserwerk .....                                                                                            | 14 |
| 2.2.7 | Endokrine Disruptoren .....                                                                                            | 15 |
| 2.2.8 | Mikroplastik .....                                                                                                     | 17 |
| 2.2.9 | Uran .....                                                                                                             | 19 |
| 3     | Mikrobiologische, chemische und chemisch-physikalische<br>Anforderungen an Badebeckenwasser .....                      | 20 |
| 3.1   | Mikrobiologische Anforderungen .....                                                                                   | 22 |
| 3.2   | Chemische und chemisch-physikalische Anforderungen .....                                                               | 23 |
| III   | Material und Methoden .....                                                                                            | 31 |
| IV    | Ergebnisse .....                                                                                                       | 35 |
| 1     | Parameter der Trinkwasserhygiene .....                                                                                 | 35 |
| 1.1   | Vergleich der mikrobiologischen Parameter .....                                                                        | 35 |
| 1.2   | Vergleich der chemischen Parameter - Grenzwertunterschiede in<br>Deutschland, Österreich und in der Schweiz .....      | 40 |

|      |                                                                                                                                           |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2    | Weitere Neuerungen der Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184.....                                                                          | 47  |
| 2.1  | Verbesserung des Zugangs zu Trinkwasser .....                                                                                             | 47  |
| 2.2  | Risikobewertung und Risikomanagement .....                                                                                                | 47  |
| 2.3  | Mindestanforderungen an Baustoffe und Filtermedien.....                                                                                   | 49  |
| 2.4  | Einführung einer Beobachtungsliste .....                                                                                                  | 50  |
| 2.5  | Wasserverluste .....                                                                                                                      | 50  |
| 3    | Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene.....                                                                                                 | 52  |
| 3.1  | Mikrobiologische Parameter .....                                                                                                          | 52  |
| 3.2  | Chemische und chemisch-physikalische Anforderungen .....                                                                                  | 54  |
| 4    | Umfrage .....                                                                                                                             | 59  |
| 4.1  | Epichlorhydrin, Vinylchlorid, Acrylamid.....                                                                                              | 60  |
| 4.2  | Radioaktivität .....                                                                                                                      | 69  |
| 4.3  | Pflanzenschutzmittel .....                                                                                                                | 81  |
| 4.4  | Badehygiene.....                                                                                                                          | 96  |
| V    | Diskussion.....                                                                                                                           | 109 |
| 1    | Trinkwasserhygiene .....                                                                                                                  | 109 |
| 1.1  | Mikrobiologische Parameter .....                                                                                                          | 109 |
| 1.2  | Chemische Parameter.....                                                                                                                  | 117 |
| 2    | Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene.....                                                                                                 | 129 |
| 3    | Schlussfolgerung.....                                                                                                                     | 134 |
| VI   | Zusammenfassung.....                                                                                                                      | 137 |
| VII  | Summary .....                                                                                                                             | 139 |
| VIII | Literaturverzeichnis.....                                                                                                                 | 141 |
| IX   | Anhang .....                                                                                                                              | 167 |
| 1    | Trinkwasserhygiene: Chemische Parameter.....                                                                                              | 167 |
| 1.1  | Vergleich Chemischer Parameter, deren Konzentration sich im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation nicht erhöht..... | 167 |
| 1.2  | Vergleich Chemischer Parameter, deren Konzentration im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation ansteigen kann .....   | 172 |
| 1.3  | Allgemeine Indikatorparameter .....                                                                                                       | 176 |

|    |                                                                                                                                                                                  |     |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2  | Trinkwasserhygiene: Zusätzliche Parameter, die in Österreich untersucht werden, die aber nicht in der Trinkwasserverordnung genannt werden .....                                 | 181 |
| 3  | Trinkwasserhygiene: Parameter, die in der Schweizerischen Trinkwasserverordnung aufgeführt werden, nicht aber in der deutschen oder österreichischen Trinkwasserverordnung ..... | 184 |
| 4  | Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene.....                                                                                                                                        | 187 |
| 5  | Fragebogen der Umfrage der Trinkwasser- und Badewasserhygiene .....                                                                                                              | 216 |
| X  | Tabellenverzeichnis.....                                                                                                                                                         | 223 |
| XI | Danksagung.....                                                                                                                                                                  | 227 |





## Abkürzungen

|                |                                               |
|----------------|-----------------------------------------------|
| <b>AT</b>      | <b>Österreich</b>                             |
| <b>BW</b>      | <b>Baden-Württemberg</b>                      |
| <b>BY</b>      | <b>Bayern</b>                                 |
| <b>CH</b>      | <b>Schweiz</b>                                |
| <b>D</b>       | <b>Deutschland</b>                            |
| <b>DOC</b>     | <b>gelöster organischer Kohlenstoff</b>       |
| <b>ECHA</b>    | <b>European Chemicals Agency</b>              |
| <b>E. coli</b> | <b>Escherichia coli</b>                       |
| <b>EDI</b>     | <b>Eidgenössisches Departement des Innern</b> |
| <b>EDTA</b>    | <b>Ethylendiamintetraacetat</b>               |
| <b>EFSA</b>    | <b>European Food Safety Authority</b>         |
| <b>EG</b>      | <b>Europäische Gemeinschaft</b>               |
| <b>ETBE</b>    | <b>Ethyl-tertiär-buthylether</b>              |
| <b>EU</b>      | <b>Europäische Union</b>                      |
| <b>FHKW</b>    | <b>Flüchtige Halogenwasserstoffe</b>          |
| <b>FNU</b>     | <b>Formazine Nephelometric Units</b>          |

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GA</b>      | <b>Gesundheitsamt</b>                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>geb. Cl</b> | <b>gebundenes Chlor</b>                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>HAA</b>     | <b>Halogenessigsäuren</b>                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>IARC</b>    | <b>International Agency for Research on Cancer</b>                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>IfSG</b>    | <b>Infektionsschutzgesetz</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>k. A.</b>   | <b>keine Angabe</b>                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>KBE</b>     | <b>Koloniebildende Einheit</b>                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>LfU</b>     | <b>Bayerisches Landesamt für Umwelt</b>                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>LGL</b>     | <b>Bayerisches Landesamt für Gesundheit und<br/>Lebensmittelsicherheit</b>                                                                                                                                                                                                      |
| <b>LGV</b>     | <b>Lebensmittel- und Gebrauchsgegen-<br/>ständeverordnung (Schweiz)</b>                                                                                                                                                                                                         |
| <b>LMSVG</b>   | <b>Bundesgesetz über Sicherheitsanforderungen und<br/>weitere Anforderungen an Lebensmittel,<br/>Gebrauchsgegenstände und kosmetische Mittel<br/>zum Schutz der Verbraucherinnen und<br/>Verbraucher Lebensmittel-sicherheits- und<br/>Verbraucherschutzgesetz (Österreich)</b> |
| <b>MTBE</b>    | <b>Methyl-tertiär-butylether</b>                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>NTA</b>     | <b>Nitrilotriessigsäure</b>                                                                                                                                                                                                                                                     |

|             |                                                                                                                    |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>NTU</b>  | <b>Nephelometric Turbidity Units</b>                                                                               |
| <b>PAK</b>  | <b>Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe</b>                                                                |
| <b>PFAS</b> | <b>Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen</b>                                                                     |
| <b>PFCA</b> | <b>Perfluorcarbonsäuren</b>                                                                                        |
| <b>PFHx</b> | <b>Perfluorhexansulfonsäure</b>                                                                                    |
| <b>PFOA</b> | <b>Perfluoroctancarbonsäure</b>                                                                                    |
| <b>PFOS</b> | <b>Perfluoroctansulfonsäure</b>                                                                                    |
| <b>PFU</b>  | <b>Plaque Forming Unit</b>                                                                                         |
| <b>PSM</b>  | <b>Pflanzenschutzmittel</b>                                                                                        |
| <b>RL</b>   | <b>Richtlinie</b>                                                                                                  |
| <b>SA</b>   | <b>Sammelantwort</b>                                                                                               |
| <b>SVGW</b> | <b>Schweizerische Verein des Gas- und<br/>Wasserfaches</b>                                                         |
| <b>TBDV</b> | <b>Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie<br/>Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und<br/>Duschanlagen</b> |
| <b>THM</b>  | <b>Trihalogenmethane</b>                                                                                           |
| <b>TOC</b>  | <b>Total Organic Carbon</b>                                                                                        |

|                |                                                                                                                                                                              |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>TrinkwV</b> | <b>Verordnung über die Qualität von Wasser für<br/>den menschlichen Gebrauch -<br/>Trinkwasserverordnung</b>                                                                 |
| <b>UBA</b>     | <b>Umweltbundesamt</b>                                                                                                                                                       |
| <b>UN</b>      | <b>United Nations</b>                                                                                                                                                        |
| <b>US</b>      | <b>Untersuchung</b>                                                                                                                                                          |
| <b>TWV</b>     | <b>Verordnung des Bundesministers für soziale<br/>Sicherheit und Generationen über die Qualität<br/>von Wasser für den menschlichen Gebrauch -<br/>Trinkwasserverordnung</b> |
| <b>WHO</b>     | <b>World Health Organization</b>                                                                                                                                             |

## I Einleitung

Trinkwasser gilt weltweit als Grundnahrungsmittel. Laut WHO beträgt die empfohlene Trinkmenge zwei Liter pro Kopf und Tag. Trinkwasser wird nicht ausschließlich als Nahrungsmittel in unserem Tagesablauf verwendet, sondern auch für die tägliche Körperpflege, das Wäschewaschen, als Hilfsmittel zum Reinigen von Nahrungsmitteln, die Zubereitung von Speisen und vieles mehr. Bei der industriellen Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln hat Trinkwasser oft eine entscheidende qualitätsbeeinflussende Rolle. Dies gilt insbesondere bei Lebensmitteln tierischen Ursprungs, z.B. in der Milch- und Fleischverarbeitung. In Deutschland rechnet man pro Person mit einem täglichen Wasserbrauch von 125 Litern [1]. Die Bevölkerung ist folglich intensiv in Kontakt mit Trinkwasser. Somit ist verunreinigtes Trinkwasser ein nicht zu unterschätzendes Risiko für die Gesundheit. Laut konservativen Schätzungen im UN-Weltwasser-Entwicklungsbericht 2020 zur weiteren Entwicklung sterben jedes Jahr etwa zwei Millionen Menschen an den Folgen von verunreinigtem Wasser [2]. Die mikrobiologische und chemische Reinheit des Trinkwassers ist für die menschliche Gesundheit unerlässlich und muss regelmäßig unter Kontrolle stehen.

Der Rat der Europäischen Union hat am 03. November 1998 die „*Richtlinie 98/83/EG über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch*“ erlassen, auf deren Grundlage die Mitgliedstaaten der EU Gesetzesverordnungen in Kraft setzen sollten. Die Folge hiervon sind u. a. die in Deutschland geltende „*Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung-TrinkwV)*“ sowie die in Österreich geltende „*Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TWV)*“. Die Schweiz, als Nichtmitglied der EU, hat auf Grundlage der Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV) vom 16. Dezember 2016, ebenfalls eine Verordnung, die Trinkwasserhygiene betreffend, erlassen: „*Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV)*“. In diesen Gesetzestexten werden jeweils verschiedene Vorschriften an die Beschaffenheit, die Aufbereitung und Desinfektion des Trinkwassers sowie die Pflichten des Inhabers einer Wasserversorgungsanlage und

jegliche amtliche Überwachung dargestellt. Die europäische Richtlinie 98/83/EG wurde durch Inkrafttreten der neuen *„Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch“*, die teils grundlegende Neuerungen enthält, revidiert.

Wasser steht neben der Unersetzbarkeit in der Ernährung auch symbolisch für einen hohen Freizeitwert und wird zur Erhaltung sowie Regeneration der Gesundheit im Rahmen von therapeutischen Maßnahmen in der Human- und Tiermedizin verwendet. Ein Großteil der Bevölkerung nutzt das kühle Nass in Hitzeperioden und ganzjährig zur Steigerung der körperlichen Fitness. Dennoch bestehen Risiken, die durch sachgemäße Sicherung und Überwachung des Schwimm- und Badebeckenwassers minimiert werden müssen. Durch natürliche Bestandteile der Haut können in Reaktion mit verschiedenen Inhaltsstoffen des Beckenwassers unterschiedliche Verbindungen entstehen, die sich nachteilig auf die menschliche Gesundheit auswirken können. Darüber hinaus können über das Schwimm- und Badebeckenwasser Infektionskrankheiten übertragen werden. Nicht zu unterschätzen sind die Mengen an Badewasser, die bei diesem Freizeitvergnügen geschluckt werden. Das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit gibt hier Durchschnittsmengen an von 50 ml bei Schwimmern, 30 ml bei Nichtschwimmern und ein Vielfaches davon bei Kindern beim Spiel im nassen Element [3]. Zwar handelt es sich hierbei nicht um Trinkwasser im lebensmittelrechtlichen Sinn, es ist jedoch Wasser, das - meist unbeabsichtigt - von Menschen getrunken wird. Folglich ist eine anstandslose Schwimm- und Badebeckenhygiene obligat.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Neuerungen der Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, die innerhalb der nächsten zwei Jahre in nationales Recht umgewandelt werden müssen, darzustellen. Dabei werden die Auswirkungen dieser Veränderungen auf die Lebensmittelsicherheit erörtert und ein Vergleich zwischen den derzeit geltenden Anforderungen der Richtlinie 98/83/EG und deren Umsetzung durch die daraus resultierenden Verordnungen in Deutschland und Österreich sowie der Schweizerischen Trinkwasserverordnung gezogen. Im Rahmen einer Umfrage wird die aktuelle Schwerpunktsetzung von

Trinkwasseruntersuchungen in Deutschland, Österreich und der Schweiz in Bezug auf produktspezifische Parameter, Radioaktivität und Pflanzenschutzmittel beleuchtet. Dabei werden auch die Unterschiede zwischen den verschiedenen Landkreisen der deutschen Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg betrachtet. Abschließend werden die Kriterien der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene der genannten Länder, ebenfalls mit Unterstützung einer Umfrage, gegenübergestellt.





## **II Literaturübersicht**

### **1 Begriffsbestimmungen**

#### **1.1 Koloniebildende Einheit - KBE**

Die koloniebildende Einheit ist eine Kennzahl, bzw. Einheit in der Mikrobiologie und ein Maß für die mikrobiologische Belastung eines Mediums, wie beispielsweise das Trinkwasser. Um die KBE zu bestimmen, wird ein Probenvolumen auf ein spezielles Nährmedium aufgebracht und bei konstanter Temperatur während eines festgesetzten Zeitraums inkubiert. Abschließend werden die entstandenen Kolonien gezählt und ihre Anzahl als KBE angegeben [4].

#### **1.2 Plaque Forming Unit – PFU**

Die Plaque Forming Unit ist eine Kennzahl in der Virologie und ein Maß für die virologische Belastung. Sie gibt somit die Konzentration von infektiösen Viruspartikeln pro Volumeneinheit, normalerweise Milliliter, eines Mediums an [5].

#### **1.3 Trinkwasser**

Trinkwasser ist, unabhängig von seinem Aggregatzustand, Wasser, das zum Trinken, zum Kochen, zur Zubereitung von Speisen und Getränken, zur Körperpflege und zur Reinigung von Gegenständen, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen, verwendet wird. Zu Trinkwasser zählt auch Wasser, das in einem Lebensmittelbetrieb verwendet wird für die Herstellung, die Behandlung oder das Inverkehrbringen von Produkten, die für den menschlichen Gebrauch bestimmt sind [6].

## **1.4 Wassertypen in der Schwimm- und Badebeckenhygiene**

### **a) Füllwasser**

Bei Füllwasser handelt es sich um Wasser, das zur Erst- und Nachfüllung (um Wasserverluste auszugleichen) von Schwimm- und Badebecken verwendet wird [7].

### **b) Filtrat**

Bei Filtrat handelt es sich um filtriertes Wasser. Es wurde noch nicht nachbehandelt und noch kein Desinfektionsverfahren angewendet [7].

### **c) Reinwasser**

Bei Reinwasser handelt es sich um filtriertes Wasser nach Behandlung mit oxidierendem Desinfektionsmittel und nach pH-Wert Korrektur [7].

### **d) Beckenwasser**

Bei Beckenwasser handelt es sich um Wasser, das sich im Schwimm- und Badebecken befindet [7].

### **e) Rohwasser**

Bei Rohwasser handelt es sich um Wasser, das verschiedene Aufbereitungsmaßnahmen durchlaufen muss, um weiter in der Schwimm- und Badebeckenhygiene verwendet werden zu können [7].

## 2 Kriterien für sicheres Trinkwasser

Nach Art. 4 der Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, dürfen Mikroorganismen und Stoffe jeglicher Art nicht in einer Konzentration vorkommen, die eine Gefährdung für die menschliche Gesundheit darstellen [8]. Zu diesen Mikroorganismen und Stoffen zählen die in der Richtlinie und den daraus resultierenden Verordnungen aufgelisteten mikrobiologischen und chemischen Kriterien für Trinkwasser (vergleiche Anhang IX 1, IX 2, IX 3). Mit der Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch - die Neufassung der Richtlinie 98/83/EG – werden neue Parameter und Kriterien in das Kontrollsystem der Trinkwasserhygiene aufgenommen. Im Folgenden werden diese neu aufgenommenen Kriterien näher beschrieben.

### 2.1 Mikrobiologische Parameter, die in die Neufassung der Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184 aufgenommen wurden

#### 2.1.1 *Legionella* spp.

Die Gattung *Legionella* setzt sich aus verschiedenen Arten gram-negativer, obligat aerober, beweglicher (Flagellen) und nicht sporenbildender Stäbchenbakterien zusammen [9]. Mehr als 65 Arten mit über 75 Serogruppen sind bekannt [10]. Eine der humanmedizinisch wichtigsten Art ist *Legionella pneumophila*, welche die Legionärskrankheit - eine fieberhafte [9], schwere Pneumonie - auslösen kann. Hierbei ist die Fähigkeit des fakultativen intrazellulären Parasitismus der Legionellen in Alveolarmakrophagen von Bedeutung [11].

Legionellen sind im Allgemeinen Umweltkeime [12]: sie sind im Erdboden und im Süßwasser zu finden [11]. Dort können sie sich intrazellulär in Protozoen [11] bei Temperaturen zwischen 25 °C und 45 °C vermehren. Die optimale Wachstumstemperatur liegt bei  $35 \pm 2$  °C [13]. Daraus ergeben sich wichtige Reservoirs und Ansteckungsquellen: Trinkwasser-Installationen für erwärmtes Trinkwasser [14], z. B. in Hotels oder Krankenhäusern [15]. Ab einer Temperatur von 55 °C ist eine Vermehrung auszuschließen [9]. Ab einer Temperatur von 70 °C kann mit einer schnellen Abtötung innerhalb von Sekunden gerechnet werden [16, pp. 224-226].

Menschen infizieren sich in der Regel aerogen, das heißt durch Einatmen von kleinen Wassertröpfchen, z. B. beim Duschen [15]. Besonders gefährdet sind immunabwehrgeschwächte Menschen [9].

Bei einer Überschreitung des technischen Maßnahmewertes von *Legionella* spp. im Trinkwasser kann von Mängeln des hygienisch-technischen Betriebszustands einer Anlage ausgegangen werden. Bereits beim Bau oder bei der Wartung können unbewusst günstige Bedingungen für ein Wachstum der Keime eingerichtet worden sein [9]. Beim Nachweisverfahren, das in ISO 11731:2017-05 beschrieben wird, werden aber auch Non-Pneumophile Arten in Trinkwasser und Badewasser erfasst [17].

Im Rahmen einer Risikobewertung von Hausinstallationen wurden die Legionellen als Parameter in die neue Trinkwasserrichtlinie aufgenommen und mit einem Maßnahmewert versehen:

**Tabelle 1:** Maßnahmewert *Legionella* [18]

| Parameter  | Grenzwert    |
|------------|--------------|
| Legionella | < 1000 KBE/l |

### 2.1.2 Somatische Coliphagen

Somatische Coliphagen gehören zur Gruppe der Bakteriophagen. Bakteriophagen sind Viren, die Bakterien infizieren können [19]. Bei den somatischen Coliphagen handelt es sich um Viren, die *E. coli* befallen. Sie werden mit dem Kot von Menschen und Tieren ausgeschieden und sind selbst nicht pathogen [20]. Coliphagen ähneln in ihren Eigenschaften und Merkmalen, wie ihrer Struktur, Morphologie, Größe und ihrem Replikationsort denen von humanpathogenen Viren [19]. Aus diesem Grund ist auch ihr Verhalten und ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber Aufbereitungs- und Desinfektionsverfahren gegenüber humanpathogenen Viren vergleichbar. Beim Nachweis von Coliphagen im Rohwasser, dessen Vorgang im Vergleich zu dem der humanpathogenen Viren kostengünstig und schnell erfolgt, wird das mögliche Vorhandensein von enterischen Viren angezeigt. Weitere Untersuchungen auf humanpathogene Viren

müssen ab einer bestimmten Konzentration erbracht werden. Somit können somatische Coliphagen auf eine Belastung des Rohwassers mit humanpathogenen Viren hindeuten und sind darüber hinaus ein Indikator für eine fäkale Belastung [19]. Der Nachweis von somatischen Coliphagen kann über ein genormtes Verfahren (DIN EN ISO10705-2) erbracht werden [20].

Um die Wirksamkeit der Aufbereitungsverfahren gegenüber mikrobiologischen Risiken zu überprüfen wurden die somatischen Coliphagen in die neue Richtlinie (EU) 2020/2184 aufgenommen [18]. Hierbei wird ein Augenmerk auf die betriebliche Überwachung von Rohwasser gelegt.

**Tabelle 2:** Referenzwert „Somatische Coliphagen“ \*: in Rohwasser [18]

| Parameter             | Referenzwert  |
|-----------------------|---------------|
| Somatische Coliphagen | 50* PFU/100ml |

Die Konzentration von somatischen Coliphagen muss nur dann bestimmt werden, wenn dies aufgrund einer Risikobewertung angebracht ist. Sollte die Konzentration über der des Referenzwertes liegen, müssen Analysen entlang der Aufbereitungsstufen erbracht werden, um eine Bewertung abzugeben, ob „das Risiko einer ungenügenden Elimination pathogener Viren ausreichend unter Kontrolle ist“ [18].

## **2.2 Chemische Parameter, die in die Neufassung der Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184 aufgenommen wurden**

### **2.2.1 Bisphenol A**

Bisphenol A wird hauptsächlich eingesetzt zur Herstellung von Harzen und Kunststoffen, wie Polycarbonat, das als Lebensmittel- und Getränkebehälter verwendet wird [21]. Bisphenol A kann bei ausreichend hoher Konzentration die menschliche Gesundheit durch Veränderungen im Hormonhaushalt gefährden [22]. Es kann darüber hinaus zu Störungen des Immunsystems, Störungen in Leber und Nieren [21] und zu einem erhöhten Risiko an Brustkrebs und Prostatakrebs zu erkranken, führen [23]. Aus diesen Gründen wurde schon mit der Richtlinie 2011/8/EU der Kommission vom 28. Januar 2011 ein EU-weites Verbot für die Verwendung von Bisphenol A in Babyflaschen ausgesprochen [24].

Bisphenol A gelangt zum größten Teil über Epoxidharze ins Trinkwasser. Epoxidharze entstehen u.a. durch die Reaktion von Bisphenol A mit Epichlorhydrin und sind Bestandteil von Sanierungsprogrammen, um alte Wasserleitungen zu sanieren und so den vermehrten Übertritt von Metallionen ins Trinkwasser zu verhindern [25] [26]. Unter ungünstigen Bedingungen kann aber auch Bisphenol A ins Trinkwasser übertreten [25].

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) geht davon aus, dass eine lebenslange tägliche Aufnahme von 4 µg/kg Körpergewicht unbedenklich ist und die Gesundheit des menschlichen Körpers nicht gefährdet [21].

Nach der neuen Richtlinie (EU) 2020/2184 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch beträgt der Grenzwert in Trinkwasser für Bisphenol A 2,5 µg/l [18].

### **2.2.2 Chlorat/Chlorit**

Chlorat ( $ClO_3^-$ ) - Salze der Chlorsäure ( $HClO_3$ ) - und Chlorit ( $ClO_2^-$ ) - Salze der chlorigen Säure ( $HClO_2$ ) - sind Nebenprodukte bei der Desinfektion mit Chlor, wie beispielsweise Chlordioxid [27]. Sie führen zu Nierenschäden und können durch ihre Eigenschaft als starkes Oxidationsmittel und der damit verbundenen Methämoglobin-Bildung zu ernststen gesundheitlichen Folgen im menschlichen Körper, wie einer verringerten Sauerstoffaufnahme, bei einer akuten Exposition

führen [28]. Chlorat kann eine Hemmung der Jodaufnahme bewirken und damit zu Veränderungen der Schilddrüse führen [29].

Die EFSA geht davon aus, dass eine lebenslange tägliche Aufnahme von 3 µg/kg Körpergewicht unbedenklich ist und die Gesundheit des menschlichen Körpers nicht gefährdet [28].

Nach der neuen Richtlinie (EU) 2020/2184 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch beträgt der Grenzwert in Trinkwasser für Chlorat und Chlorit 0,25 mg/l. Zusätzlich wird ein Grenzwert von 0,70 mg/l festgesetzt, wenn zur Desinfektion ein Desinfektionsverfahren, bei dem Chlorit bzw. Chlorat entsteht, insbesondere Chlordioxid, zum Einsatz kommt. Die Parameter Chlorat und Chlorit müssen nur bestimmt werden, wenn solche Desinfektionsverfahren angewendet werden [18].

### **2.2.3 Halogenessigsäuren (HAA5)**

Halogenessigsäuren sind Derivate der Essigsäure und können unter bestimmten Bedingungen auch im Trinkwasser vorkommen.

Die Hauptquelle hierfür sind Desinfektionsverfahren, wobei Halogenessigsäuren als unerwünschtes Nebenprodukt entstehen [30]. Sie werden gebildet bei der Reaktion von Desinfektionsmitteln, wie z.B. Chlor, Chlordioxid, Chloramin und Ozon mit natürlichen organischen Substanzen und Bromid [31]. Die Konzentrationen der Halogenessigsäuren sind demnach abhängig von den Eigenschaften des Grundwassers, wie die Konzentration von gelöstem organischem Kohlenstoff sowie der Zusammensetzung der natürlichen organischen Substanzen. Eine wichtige Rolle spielt hier auch, welches Desinfektionsmittel angewendet worden ist und die hierbei verwendete Menge [30].

Auf den menschlichen Körper wirken Halogenessigsäuren mutagen, zytotoxisch, genotoxisch, kanzerogen und können während der Schwangerschaft zu Entwicklungsstörungen führen [30]. Halogenessigsäuren können zudem den Zellstoffwechsel durch Beeinflussung des Enzyms „Pyruvat-Dehydrogenase“ stören [32].

Aus diesen Gründen wurde ein Grenzwert von 60 µg/l für Halogenessigsäuren in die Richtlinie (EU) 2020/2184 aufgenommen. Dieser bezieht sich auf die Summe folgender Halogenessigsäuren: Monochlor-, Dichlor- Trichloressigsäure sowie



Mono- und Dibromessigsäure. Dieser Parameter muss nur berücksichtigt werden, wenn zur Desinfektion von Trinkwasser Desinfektionsverfahren verwendet wurden - wie der Einsatz von chlorhaltigen Substanzen -, bei denen HAA entstehen können [18].

### 2.2.4 Microcystin-LR

Bei Microcystin-LR handelt es sich um ein hepatotoxisches Toxin, das von Cyanobakterien, wie *Microcystis*, gebildet werden kann und in deren Zellen gespeichert wird [33]. Diese Cyanobakterien wachsen in Oberflächengewässer mit einer hohen Konzentration von Nährstoffen, wie Stickstoff, Phosphor sowie einem pH-Wert von 6 bis 9 und Temperaturen zwischen 15 °C bis 30 °C [34]. Wird dieses Oberflächengewässer zur Herstellung von Trinkwasser verwendet, gelangen sie ins Trinkwasser und werden während der Trinkwasseraufbereitung aus den Zellen der Cyanobakterien freigesetzt. Das Toxin wird vorwiegend dann freigesetzt, wenn die Zellen der Cyanobakterien absterben [35]. Gerade in Zeiten des Klimawandels wird diese Art von Bakterien zu einem zunehmenden Problem [34].

Microcystin-LR blockiert Enzyme (Protein-Phosphatasen) in der Leber und kann zu Vergiftungsfällen und Leberschädigungen führen. Bei langer Aussetzung des menschlichen sowie auch tierischen Körpers mit Microcystin-LR steht es in Verdacht strukturelle Leberveränderungen und Leberzellkarzinome zu verursachen [36]. Es wird von der internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) als möglicherweise karzinogen eingestuft [37].

Nach der neuen Richtlinie (EU) 2020/2184 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch beträgt der Grenzwert in Trinkwasser Microcystin-LR 1,0 µg/l. Microcystin-LR ist nur zu bestimmen, wenn Keimwachstum in der Trinkwasserressource zu erwarten ist [18].

### 2.2.5 Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen - PFAS

Bei per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen wurden alle, bzw. ein Großteil der Wasserstoffatome am Kohlenstoffgerüst mit Ausnahme der funktionellen Gruppe, durch Fluoratome ersetzt [38]. Dadurch sind sie zum einen lipophil [39] und durch eine erhöhte chemische und thermische Stabilität charakterisiert [40]. Zum anderen sind sie hydrophil durch ihre funktionelle Stoffgruppe [39]. Mit wachsender Länge nehmen die lipophilen Eigenschaften zu und die Wasserlöslichkeit ab [39]. Somit

können sich längere PFAS auch leicht an Schwebstoffe hängen. Sie sind gegenüber verschiedenen Temperaturen und chemischen Stoffen resistent und lassen sich nur schwer abbauen. Die PFAS werden unterteilt in Perfluorcarbonsäuren PFCA (z.B. Perfluoroctancarbonsäure PFOA) und Perfluoralkansulfonsäuren PFSA (z.B. Perfluorhexansulfonsäure PFHx sowie Perfluoroctansulfonsäure PFOS) [41]. Mit der Richtlinie 2006/122/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates wurde 2006 die Verwendung von PFOS schon eingeschränkt [42].

Verwendung finden diese PFAS dank ihrer wasserabweisenden, fettlösenden und haftabweisenden Eigenschaften in der Industrie und zahlreichen, alltäglichen Produkten, wie Reinigungsmitteln, Pestiziden, Schmierstoffen, Löschschaum und Schutzbeschichtungen für Kleidung und Schuhen [40] [39]. Dadurch werden sie immer weiter - auch in unserer Umwelt - angereichert und durch ihre Persistenz in zahlreichen Oberflächengewässern, in Gesteinen, in der Luft, im Tier- und Pflanzenreich und somit auch in unserer Nahrung nachgewiesen [39] [40]. Die IARC stuft PFAS als möglicherweise krebserregend ein [39].

Da die Stoffgruppe der PFAS durch ihr biologisches Anreicherungspotenzial [40] und ihre vielfache Verwendung aktuell immer mehr Aufsehen erregt [43, p. 309] und weiterhin beobachtet werden muss, wurde es auch in die Richtlinie (EU) 2020/2184 mit einem Grenzwert von 0,5 µg/l aufgenommen. Dieser Wert bezieht sich auf die Gesamtheit der per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen. Außerdem wurde ein weiterer Grenzwert für die Summe der PFAS von 0,1 µg/l festgesetzt. Hierbei handelt es sich um die Summe der im Anhang III Teil B Nummer 3 aufgelisteten Verbindungen [18]. Die Summe der PFAS bezeichnet die Summe folgender Substanzen:

- Perfluorbutansäure (PFBA)
- Perfluorpentansäure (PFPeA)
- Perfluorhexansäure (PFHxA)
- Perfluorheptansäure (PFHpA)
- Perfluoroctansäure (PFOA)
- Perfluornonansäure (PFNA)
- Perfluordecansäure (PFDA)
- Perfluorundecansäure (PFUnDA)
- Perfluordodecansäure (PFDoDA)

- Perfluortridecansäure (PFTrDA)
- Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)
- Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)
- Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)
- Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)
- Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)
- Perfluornonansulfonsäure (PFNS)
- Perfluordecansulfonsäure (PFDS)
- Perfluorundecansulfonsäure
- Perfluordodecansulfonsäure
- Perfluortridecansulfonsäure

Diese Verbindungen haben ein perfluorierten Alkylanteil mit drei oder mehr Kohlenstoffatomen oder einem perfluorierten Alkyletheranteil mit zwei oder mehr Kohlenstoffatomen gemeinsam und wurden, in Verbindung mit Wasser, für die menschliche Gesundheit als bedenklich eingeordnet [18]. Die Grenzwerte gelten erst, sobald technische Leitlinien über Analyseverfahren für die Überwachung dieser Parameter, gemäß Art. 13 Abs. 7 der Richtlinie (EU) 2020/2184 entwickelt wurden. Im Anschluss dürfen die Mitgliedstaaten entscheiden, ob sie beide oder nur einen der genannten Parameter berücksichtigen [18].

### **2.2.6 Trübung im Wasserwerk**

Eine Trübung des Trinkwassers entsteht durch Streuung von einstrahlendem Licht an ungelösten Wasserinhaltsstoffen, wie z.B. Bakterien, Algen, Tonpartikel, Eisen-Verbindungen [43, p. 102 ff.]. Die Konzentration sowie die Form, Größe und Farbe der ungelösten Wasserinhaltsstoffe entscheidet über das Ausmaß der Streuung [44].

Eine Trinkwassertrübung kann unterschiedliche Gründe haben. Bedingt durch natürliche Ursachen, wie beispielsweise durch Starkregen eingeschwemmte Trübstoffe ins Grundwasser, kann sie aber auch, auf einen Fehler in der Trinkwasseraufbereitung zurückgehen oder auf Korrosion von Stahl oder Gusseisen hinweisen [43, p. 102 ff.]. Darüber hinaus können Mikroorganismen verantwortlich sein, die zu einer Gesundheitsgefährdung führen können [45].

Die Trübung wird in der Trinkwasserhygiene anhand des Formazinstandards gemessen. Hierbei handelt es sich um 100 ml einer schwer löslichen chemischen

Stickstoffverbindung  $CH_2 = N - N = CH_2$ , die sich aus Hydrazinsulfat (50 mg) und Hexamethylentetramin (500 mg) zusammensetzt. Dieser Standard enthält 400 Trübungseinheiten [43, p. 105]. Die Streulichtintensitäten der Trinkwasserprobe und des eben beschriebenen Standards als Vergleichsmessungen werden in einem 90° Winkel zur Strahlungsquelle (Infrarotlicht mit einer Wellenlänge von 860 nm) gemessen. Die Trübung wird in NTU – Nephelometric Turbidity Units - angegeben [44]. Laut der deutschen Trinkwasserverordnung sollten die nephelometrischen Trübungseinheiten 1,0 nicht überschreiten. „Der Grenzwert gilt als eingehalten, wenn am Ausgang des Wasserwerks der Grenzwert nicht überschritten wird. Der Unternehmer und der sonstige Inhaber eines zentralen oder eines dezentralen kleinen Wasserwerkes haben einen plötzlichen oder kontinuierlichen Anstieg unverzüglich der zuständigen Behörde zu melden. Letzteres gilt auch für das Verteilungsnetz“ [6].

Um die Wirksamkeit der physikalischen Entfernung durch Filtrationsverfahren im Rahmen der Maßnahmen des Risikomanagements zu überprüfen, wurde ein neuer Parameter eingeführt: „Trübung im Wasserwerk“. Hierzu wird ein Referenzwert von 0,3 NTU bei 95 % der Proben angegeben. Ein Einzelwert sollte zudem nicht über 1 NTU liegen. Zusätzlich werden Mindesthäufigkeiten der Untersuchungen angegeben [18].

### **2.2.7 Endokrine Disruptoren**

Das endokrine System besteht aus zahlreichen Zellen und endokrinen Organen, wie beispielsweise der Schilddrüse, der Nebenniere oder dem Hypothalamus. Diese verschiedenen Drüsen produzieren Hormone und steuern damit komplexe Vorgänge im Körper, wie die Förderung des Wachstums, die Regulation des Blutzuckerspiegels und die Reproduktionsfähigkeit. Endokrine Disruptoren sind Stoffe, die auf den Hormonhaushalt wirken und dadurch im menschlichen Körper zu Beeinträchtigungen und gesundheitsschädlichen Auswirkungen führen können [22]. In die Beobachtungsliste - eine Neuerung der Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184 zum Schutz der menschlichen Gesundheit (siehe Kapitel IV 2.4 Einführung einer Beobachtungsliste) - werden folgende endokrine Disruptoren aufgenommen:

### **a) $\beta$ -Östradiol**

17- $\beta$ -Östradiol, eine Phenolverbindung, wird zu den Östrogenen gerechnet [46]. Östrogene sind Hormone und werden vom Körper in den Keimdrüsen gebildet. Sie spielen eine wichtige Rolle beim Wachstum, bei der Entwicklung der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane und im Zellstoffwechsel [47].

Beta-Östradiol kann über verschiedene Wege in das Abwasser gelangen. Da es ein natürliches Hormon ist, wird es mit dem Urin – auch ohne Hormonbehandlung - jeden Tag ausgeschieden [46] (Frauen: ca. 2,3 - 259  $\mu\text{g}/\text{Tag}$ ; Männer: ca. 1,6  $\mu\text{g}/\text{Tag}$  [48]). Es kann für den medizinischen Bedarf auch synthetisch hergestellt werden und gelangt damit als Arzneimittel in den Urin. Weitere Wege sind die unsachgemäße Entsorgung von synthetisch hergestellten Präparaten und über einen Eintrag aus der Landwirtschaft. Östrogene, vor allem künstlich hergestellte, stellen Kläranlagen vor ein großes Problem, da sie nur schwer abbaubar sind. Folglich gelangen sie in das Rohwasser, das zur Herstellung von Trinkwasser verwendet wird und können somit auch im Trinkwasser vorkommen [47].

Hormone haben im Allgemeinen eine sehr niedrige Wirkschwelle und es reichen geringe Konzentrationen, um im Körper Effekte zu erzielen [47]. Wird zu viel Östradiol aufgenommen, zieht das negative Effekte mit sich: eine verringerte Spermienanzahl und ein erhöhtes Risiko, an Brust-, Hoden- und Prostatakrebs sowie an einer Endometriose zu erkranken, können die Folge sein [46].

Beta-Östradiol wurde aufgrund seiner endokrin wirkenden Eigenschaften in die Beobachtungsliste aufgenommen und muss mit einem Leitwert und einem Analyseverfahren versehen werden. Die WHO empfiehlt einen Wert von 1 ng/l für  $\beta$ -Östradiol [18].

### **b) Nonylphenol**

Nonylphenol ist eine organische Verbindung, die der Familie der Alkylphenole angehört. Hiermit sind verschiedene isomere Stoffe mit einer Phenolringstruktur und einer Alkylkette mit neun C-Atomen gemeint. Es gilt als gesundheitsschädlich, bioakkumulierend und schwer abbaubar [49].

Nonylphenol entsteht beim biologischen Abbau von ethoxylierten Alkylphenolen, die in Phenolharzen, Kunststoffadditiven, Detergentien und Pestiziden seine

Anwendung finden. Es gilt als weitaus toxischer als seine Vorgängerverbindung und führt zu endokrinen Störungen bei Menschen und Tieren. Nonylphenol besitzt die Fähigkeit, natürliche Hormone aufgrund seiner Wechselwirkung mit Östrogenrezeptoren zu stören und hat somit eine östrogene Wirkung [50].

In Oberflächengewässer gelangt Nonylphenol durch kommunale und industrielle Abwassereinleitungen sowie durch Klärschlamm aus der Landwirtschaft. Nonylphenol wird im Zusammenhang mit der Wasserrahmenrichtlinie (*Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik*) als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft und mit Veröffentlichung der RL 2003/53/EG (*Richtlinie 2003/53/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2003 zur 26. Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates über Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (Nonylphenol, Nonylphenoethoxylat und Zement)*) wurde die Verwendung von Nonylphenol eingeschränkt [49].

Nonylphenol wurde aufgrund seiner endokrin wirkenden Eigenschaften in die Beobachtungsliste der Richtlinie (EU) 2020/2184 aufgenommen und muss mit einem Leitwert und einem Analyseverfahren versehen werden. Die WHO empfiehlt einen Wert von 0,3 µg/l für Nonylphenol [18].

### 2.2.8 Mikroplastik

Als Mikroplastik werden Kunststoffpartikel - Thermoplaste (z.B. Polyvinylchlorid), Duroplaste (z.B. Kunstharze), Elastomere (z.B. Gummi) -, die eine Größe von unter 5 mm und über 1 µm besitzen, bezeichnet [51]. Man unterscheidet primäre Mikroplastikpartikel von sekundären Mikroplastikpartikeln [52]. Primäre Mikroplastikpartikel besitzen schon beim Herstellungsprozess eine Größe von unter 5 mm [52] und finden vor allem in der Kosmetikindustrie und in der Medizin, beispielsweise in Peelings und Zahnpasta, ihre Anwendung [53]. Sekundäre Mikroplastikpartikel entstehen durch Fragmentierung von Makroplastik [52], wie zum Beispiel Folien, Kunststoffflaschen oder Verpackungsmaterial [43, p. 318 ff.]. Dies geschieht vorwiegend über Abrieb durch Wellenbewegungen im Oberflächengewässer oder durch den Einfluss von UV-Licht [52], aber auch

durch die Freisetzung von Kunststofffasern beim Waschen oder Gummiabrieb im Straßenverkehr [43, p. 318 ff.].

Mehrere aktuelle Studien zeigen, dass Mikroplastik in der heutigen Zeit allgegenwärtig ist: man findet es in allen Tiefen im Meer, Süßwasser, Abwasser, in der Luft, in Lebensmitteln und auch im Trinkwasser – das heißt im Leitungswasser und auch abgepackt in Flaschen [54]. Für die Wasserbewohner, wie verschiedene Fische, Muscheln und Seehunde, die ihre Nahrung durch Filterung von Wasser aufnehmen, stellt das Thema der Mikroplastik eine Herausforderung dar. In Folge der Aufnahme der Partikel kommt es zu Störungen im endokrinen System und in der Fortpflanzung [43, p. 318 ff.]. Mikroplastik gelangt über Oberflächenabfluss, Abwasser inklusive industriellem Abwasser und über Plastikmüll in die Süßwasserumgebung. Ein wichtiger Eintragspfad von Mikroplastik ins Trinkwasser ist auch das Verteilungssystem des Trinkwassers [54].

Mikroplastik birgt drei verschiedene Gefahrenquellen für den menschlichen Körper: durch die Partikel selbst, durch Chemikalienentstehung und durch Biofilmbildung. Die Toxizität eines Partikels ist abhängig von seinen physikalischen Eigenschaften, wie Größe, Oberfläche, Form und seiner chemischen Zusammensetzung [54]. Laut WHO und EFSA ist es aber eher unwahrscheinlich, dass Mikroplastik mit einer Größe von über 150 µm vom Körper absorbiert wird [54] [51]. Um über den Magen-Darm-Trakt aufgenommen zu werden, müssen die Partikel unter 10 µm groß sein. Von hier könnten sie theoretisch in die Blutbahn und in andere Organe, wie die Leber transportiert werden. Prinzipiell kann jeder Kontakt eine Schadwirkung auslösen [51]. Die zweite Gefahr geht von Chemikalien aus. Bei der Kunststoffherstellung entsteht ein geringer Anteil an Monomeren, wie zum Beispiel 1,3 Butadien, Ethylen oder Vinylchlorid bei der unvollständigen Polymerisationsreaktion. Monomere können auch durch biologischen Abbau oder Verwitterung entstehen und so in die Umwelt gelangen [54]. In der Kunststoffindustrie werden oft Additive, wie Weichmacher, verwendet [51]. Diese binden nicht kovalent an den jeweiligen Kunststoff und können somit leicht in Abhängigkeit vom Alter und ihrem Verwitterungszustand in die Umwelt gelangen. Des Weiteren können Mikroplastikpartikel, die über hydrophobe Eigenschaften verfügen, hydrophobe, persistente organische Schadstoffe (polychlorierte Biphenyle, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe) ansammeln und zu

einer weiteren Belastung führen [54]. Hierbei können sich auch Algentoxine und Biozide anheften [51]. Die dritte Gefahr geht von Mikroorganismen aus, die zur Biofilmbildung neigen. Diese Mikroorganismen bevorzugen hydrophobe, unpolare Oberflächen und somit sind Mikroplastikpartikel ein bevorzugter Ansiedelungsort. Normalerweise sind die Mikroorganismen als nicht pathogen eingestuft, es gibt allerdings Ausnahmen, wie *Pseudomonas aeruginosa* und *Legionella* spp. [54].

Im Rahmen der Risikobewertung soll nach der RL (EU) 2020/2184 der Parameter Mikroplastik berücksichtigt und ein Analyseverfahren erarbeitet werden, um den Parameter in die Beobachtungsliste aufnehmen zu können [18].

### 2.2.9 Uran

Natürliches Uran ist ein Schwermetall und besteht aus drei Isotopen:  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  und  $^{238}\text{U}$  [55]. Uran besitzt radiotoxische und chemotoxische Eigenschaften [56]. Es kommt ubiquitär in der Umwelt vor und ist, weil es Bestandteil der Erdkruste ist, in verschiedenen Stoffen bzw. Anteilen der Luft, des Wassers, in Gesteinen, Mineralien und Lebensmitteln zu finden [56] [16, pp. 164-165]. Durch seine geringe Halbwertszeit von  $2,5 \times 10^5$  bis  $4,5 \times 10^4$  Jahren rückt seine radiotoxikologische Wirkung in den Hintergrund [16, pp. 164-165]. Seine chemotoxische Wirkung ist jedoch in Lebensmitteln – und gerade auch Trinkwasser – von großer Bedeutung. Es wirkt stark nephrotoxisch [57] und ist vor allem für Säuglinge und Kleinkinder gefährlich [43, pp. 263-264], da es die Knochenentwicklung beeinträchtigen kann [58]. Uraneinträge in die Umwelt und somit auch in das Grundwasser können auf verschiedenen Wegen vorkommen, beispielsweise durch Düngung, durch Niederschläge, oder durch Verbrennen von Treibstoffen, Kohlen oder fossiler Stoffe und Pflanzen, über die Luft [59].

Uran war bislang in der europäischen Trinkwasser-Richtlinie 98/83/EG nicht enthalten, wurde aber durch die Revision der Richtlinie (EU) 2020/2184 aufgenommen und mit einem Grenzwert von  $30 \mu\text{g/l}$  versehen [8] [18]. Dieser Parameter wurde schon zuvor durch eine nationale Gesetzgebung in der deutschen und österreichischen Trinkwasserverordnung mit einem Grenzwert aufgeführt [6] [60]. Auch die Schweiz berücksichtigt Uran in der Trinkwasseranalyse [61] (vergleiche IV 1.2 Vergleich der chemischen Parameter - Grenzwertunterschiede in Deutschland, Österreich und in der Schweiz).



### **3 Mikrobiologische, chemische und chemisch-physikalische Anforderungen an Badebeckenwasser**

Im Schwimm- und Badebeckenwasser können für den Badenden verschiedene Gefahrenquellen vorliegen. Diese reichen von meist relativ harmlosen Keimen, die oft von ihm selbst ausgehen, bis hin zu Mikroorganismen, die Krankheiten verursachen können. Ebenso gibt es chemische und physikalische Parameter, die unter anderem durch die Zusammensetzung des Füllwassers existieren oder durch Aufbereitungsverfahren sowie durch Reaktionen von Substanzen, die vom Badenden ausgehen und mit Wasserinhaltsstoffen entstehen. Sie können für den menschlichen Körper ein Gefährdungspotenzial darstellen und für sämtliche Beckenbestandteile je nach Konzentration von Nachteil sein. Aus diesen Gründen muss der Badende im Rahmen der Schwimm- und Badebeckenhygiene geschützt werden [62].

Grundlage der Schwimm- und Badebeckenhygiene ist in Deutschland das „*Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen*“ (Infektionsschutzgesetz – IfSG). Das Infektionsschutzgesetz besagt in seinem 7. Abschnitt § 37 Abs. 2, dass Wasser, welches in Gewerbebetrieben und öffentlichen Bädern in Schwimm- und Badebecken genutzt wird, so beschaffen sein muss, dass durch seinen Gebrauch keine Schädigung der menschlichen Gesundheit zu besorgen ist. Explizit wird in § 37 des Infektionsschutzgesetz (IfSG) auch aufgeführt, dass die Wasseraufbereitung ein Desinfektionsverfahren einschließen muss [63]. In Deutschland gibt es keine Verordnung, welche die Qualität von Schwimm- und Badebeckenwasser regelt. Hierzu wird die „*DIN 19643 - Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser*“ und eine Empfehlung des Umweltbundesamtes „*Hygieneanforderungen an Bädern und deren Überwachung*“ zu Rate gezogen. Die Norm 19643 „gilt für Wasser einschließlich Meerwasser, Mineralwasser, Heilwasser, Sole [...] und Thermalwasser in Schwimm- und Badebeckenanlagen“ [7]. Der erste Teil dieser fünfteiligen Norm, wobei der fünfte Teil bislang ein Entwurf ist, beinhaltet mikrobiologische und chemische bzw. chemisch-physikalische Anforderungen an die Wasserqualität sowie Anforderungen an die Planung, den Bau von Becken, der Aufbereitungsanlagen und hydraulischen Systeme. In weiteren Teilen der DIN 19643 werden unterschiedliche Verfahrenskombinationen mit Filtration und Ozonung behandelt

[7]. Zur Analyse der in der DIN genannten Parameter werden - soweit nicht anders angegeben - die Untersuchungsverfahren nach der Normenreihe „*Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung*“ berücksichtigt [7]. In der Empfehlung des Umweltbundesamtes werden sämtliche Parameter der DIN und die Überwachungspflichten des Betreibers eines Schwimmbades sowie des Gesundheitsamtes genauer erläutert. Des Weiteren werden die Vorgehensweise und etwaige Maßnahmen bei Nichteinhaltung der Grenzwerte beschrieben [64].

In Österreich dient das „*Bundesgesetz über Hygiene in Bädern, Warmsprudelwannen (Whirlwannen), Saunaanlagen, Warmluft- und Dampfbädern sowie Kleinbadeteichen und über die Wasserqualität von Badegewässern*“ - Bäderhygienegesetz (BHygG) - und die „*Verordnung des Bundesministeriums für Gesundheit über Hygiene in Bädern, Warmsprudelwannen (Whirlwannen), Saunaanlagen, Warmluft- und Dampfbädern und Kleinbadeteichen 2012*“ - Bäderhygieneverordnung 2012 (BHygV 2012) - als Grundlage der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene. Die Vorschriften des Bäderhygienegesetzes gelten für die in seinem Namen genannten Einrichtungen. Die Inhalte dieses Bäderhygienegesetzes sind neben Begriffsbestimmungen, Bewilligungsbestimmungen zum Bau einer solchen Einrichtung und behördliche Kontrollen auch Hygienevorschriften, die zum Schutz der Gesundheit dienen. Unter anderem sollen diese Hygienevorschriften unter Berücksichtigung verschiedener Badebecken und mit Einbezug von Aufbereitungsverfahren und Wasserkontrollen laut § 15 vom Bundesminister für Gesundheit im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Wirtschaft, Familie und Jugend durch Verordnungen oder Normen näher bestimmt werden [65]. Aufgrund dieses § 15 wurde die Bäderhygieneverordnung erlassen. Diese beschreibt Anforderungen an die verschiedenen Becken und deren Wasser, inklusive mikrobiologischer, chemischer bzw. physikalischer Parameter. Für die verschiedenen Anlagen werden zugelassene Aufbereitungsstoffe aufgelistet. Es werden zusätzlich auch Anforderungen für Bäder an Oberflächengewässer und Kleinbadeteiche mitbehandelt [66].

Zusätzlich zu diesem Gesetz und der daraus resultierenden Verordnung besteht eine Norm, die ÖNORM M 6215 - *Anforderungen an die Beschaffenheit des Wassers von Hallen-, Frei- und Therapiebecken* - des Austrian Standards Institute, die

ebenfalls die mikrobiologischen, chemischen, bzw. physikalischen Parameter, die Bäderhygiene betreffend, auflistet [67].

In der Schweiz existiert zum einen die „*Verordnung des EDI über Trinkwasser und Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern (TBDV)*“ und zum anderen ebenfalls eine Norm, die SIA 385/9 „*Wasser und Wasseraufbereitungsanlagen in Gemeinschaftsbädern - Anforderungen und ergänzende Bestimmungen für Bau und Betrieb*“. In beiden Schriften werden jeweils mikrobiologische und chemische sowie physikalische Parameter, die Bäderhygiene betreffend, angeführt [68] [61]. Zusätzlich weist die TBDV auf die Biozidprodukteverordnung vom 18. Mai 2005 hin, in der zugelassene oder anerkannte Biozidprodukte zur Desinfektion des Wassers aufgeführt sind [61].

Im Folgenden werden die mikrobiologischen und chemischen Kriterien der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene nach der Reihenfolge, wie sie in der DIN 19643 aufgelistet werden, erläutert.

### 3.1 Mikrobiologische Anforderungen

Zu den mikrobiologischen Parametern, auf die im Rahmen der Badebeckenwasserhygiene untersucht wird, zählen grundsätzlich *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella* spp. und die *Koloniezahl bei 36 ± 1 °C*. *E. coli*-Bakterien sind Indikatorkeime für fäkale Verschmutzungen [69] und können auf weitere pathogene Mikroorganismen, die unter Umständen Diarrhoe bei Badegästen hervorrufen, hinweisen. Im gleichen Untersuchungsgang mittels DIN EN ISO 9308-1 auf einem chromogenen Coliformen-Agar, können ebenfalls andere coliforme Bakterien nachgewiesen werden, die bei alleinigem Nachweis ein Hinweis auf unzureichende Desinfektionsverfahren oder eine Biofilmbildung sind [64].

Die Bestimmung der *Koloniezahl* ist ebenfalls eine Untersuchung auf einen Indikatorparameter und gibt über die Badebeckenwasserhygiene und die Wirksamkeit von Aufbereitungsschritten Auskunft [64]. Die Anwesenheit von *Pseudomonas aeruginosa*, als Biofilmbildner [70] und Krankheitserreger für Wundinfektionen, Augeninfektionen [71] oder Mittelohrentzündungen [70], wird zusätzlich untersucht, da sie bei der Bestimmung auf Fäkalindikatorparameter nicht miterfasst werden. Der Nachweis von *Pseudomonas aeruginosa* weist

beispielsweise auf eine mangelnde Desinfektion, eine unzureichende Beckendurchströmung oder verschiedene Mängel in Filtern oder in der Materialauswahl hin [64].

Weitere Krankheitserreger, auf die im Rahmen der Badebeckenwasserhygiene untersucht wird, sind Legionellen, die - wie oben schon erwähnt - durch Einatmen damit belasteter Aerosole zu schwerwiegenden Infektionen führen können. Der Nachweis auf Legionellen muss bei allen Badebeckenwässern über 23 °C mit aerosolbildenden Kreisläufen (Sprudelbänke, Wasserspiele usw.) und Warmsprudelbecken erbracht werden. Legionellen können sich bei unzureichender Desinfektion und Spülung, vor allem in den Filtern vermehren und sind dann ein Indiz für die Bildung von Biofilmen [64].

Verschiedene pathogene Mikroorganismen können bei Badegästen schwere Infektionen der Atemwege, des Magen-Darm-Traktes, der Augen und der Haut hervorrufen. Daher wurden für gewisse pathogene Mikroorganismen in den jeweiligen Gesetzestexten Grenzwerte ausgewiesen, die mit speziellen Nachweisverfahren untersucht werden müssen [64].

### **3.2 Chemische und chemisch-physikalische Anforderungen**

Die Messung der chemischen Hygiene-Hilfsparameter *freies Chlor*, *pH-Wert* und *Redoxspannung* wird im Beckenwasser zwischen den mikrobiologischen Untersuchungen in einem engeren Zeitintervall kontinuierlich überwacht, um den hygienisch einwandfreien Zustand des Beckenwassers zu gewährleisten [64].

*Freies Chlor* wird in der Badebeckenwasserhygiene zu Desinfektionszwecken verwendet und kommt im Beckenwasser - je nach pH-Wert - als hypochlorige Säure ( $HOCl$ ) und als Hypochlorit-Anionen ( $OCl^-$ ) vor [72]. Vor allem die hypochlorige Säure ist verantwortlich für eine gut wirkende Desinfektion. Mit steigendem pH-Wert nimmt jedoch die Desinfektionsleistung der hypochlorigen Säure ab, da sich das Gleichgewicht zu den Anionen hin verschiebt. Die DIN 19643 gibt für Reinwasser und Beckenwasser jeweils einen unteren und einen oberen Wert für die Konzentration von freiem Chlor an. Der untere Konzentrationswert sollte aus Desinfektions-Wirksamkeitsgründen nicht unterschritten werden. Der obere Konzentrationswert sollte ebenfalls nicht überschritten werden, um negative Folgen, wie die Bildung von unerwünschten Nebenprodukten sowie Augen- und

Hautreizungen bei den Badenden, zu vermeiden. Unter bestimmten Bedingungen kann der obere Wert von freiem Chlor im Beckenwasser um bis zu 1,2 mg/l überschritten werden, um die mikrobiologischen Anforderungen zu gewährleisten [64].

Die *Redoxspannung*, die abhängig ist von der Konzentration des freien Chlors, des pH-Wertes und Belastungsstoffen, wird gegen eine Referenzelektrode Silber/Silberchlorid gemessen [64]. Sie gibt das Oxidations- oder Reduktionsvermögen des Badebeckenwassers an [73] und gilt als Indikator der Kapazität des Desinfektionsverfahrens in einem gechlorten Beckenwasser. Bei hohen pH-Werten sowie einem hohen Desinfektionsmittelverbrauch sinkt die Redoxspannung. Kommt es zu einem Absinken der Redoxspannung bei gleichbleibender Konzentration an freiem Chlor, geht man von einer ungenügenden Aufbereitung oder einer Überlastung des Beckens aus [64]. Die vorliegenden Grenzwerte in der DIN 19643 sichern eine gute Desinfektion. Für die Redoxspannung werden in der DIN 19643 in Abhängigkeit von der Badebeckenwasser-Art und des dort herrschenden pH-Wertes (Süßwasser, Meerwasser und andere Wässer mit einem Gehalt an Bromid und Wässer mit einem Iodidgehalt  $> 0,5$  mg/l) unterschiedliche untere Werte angegeben [7].

Der *pH-Wert* muss ebenfalls einer regelmäßigen Untersuchung unterzogen werden. In Bezug auf die Aufbereitungsmaßnahme Flockung, die Hautverträglichkeit der Badegäste sowie die Korrosionseigenschaften des Beckenwassers spielt er eine tragende Rolle in der Badebeckenwasserhygiene [64].

Bei der *Färbung* wird der spektrale Absorptionskoeffizient bei einer Wellenlänge von 436 nm ( $\lambda = 436$  nm) bestimmt. Hierbei handelt es sich um eine optische Eigenschaft, bei der nur völlig gelöste organische Substanzen berücksichtigt werden. Eine erhöhte Konzentration von organischen Stoffen wird unter anderem nach mikrobiellen Prozessen und Einträgen von Fäkalien ins Grundwasser beobachtet [74]. Bei der Bestimmung der Färbung werden also mikrobielle Prozesse und Einträge von Fremdstoffen, wie Fäkalien, Huminstoffe oder auch Korrosionsprodukte überwacht [74] [43, pp. 99-102].

Eine *Trübung* wird durch ungelöste Inhaltsstoffe in Abhängigkeit ihrer Größe und Form, wie beispielsweise Bakterien oder Eisenverbindungen, im Badebeckenwasser verursacht. Bei diesem Parameter lassen sich also ebenfalls

Verunreinigungen und Fehler in der Aufbereitung nachweisen [43, pp. 102-105]. Er wird in FNU - Formazine Nephelometric Units - angegeben [44].

*Aluminium* ist ein Maß für die Aufbereitung [75] und wird in der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene überwiegend in Flockungsmitteln zur Entfernung von unerwünschten Schmutzpartikeln verwendet [76].

*Eisen* kann ebenfalls ein Bestandteil von Flockungsmitteln sein und gilt somit auch als Maß für die Aufbereitung. Außerdem kann Eisen mithilfe von Chlor oxidiert werden und wird dann als braune Wasserverfärbung bzw. -trübung im Badebeckenwasser sichtbar [77]. Hierbei ist auch der nächste in DIN 19643 genannte Parameter *Klarheit* von großer Bedeutung. Im Beckenwasser sollte zu jederzeit eine einwandfreie Sicht über den ganzen Beckenboden gewährleistet sein [7].

Die *Säurekapazität* gibt die Pufferkapazität eines Wassers an. Dies ist die Fähigkeit eines Wassers, einen pH-Wert trotz Säureeintrag stabil zu halten. Sie gibt die Säuremenge an, die ein bestimmtes Wasservolumen bis zum Erreichen eines bestimmten pH-Wertes, hierbei ist es ein pH-Wert von 4,3, aufnehmen kann [78] [79]. Die Säurekapazität gibt in der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene Auskunft über die Wirksamkeit von Flockungsverfahren [64]. In der DIN 19643 werden deswegen Mindestwerte angegeben, die abhängig sind von der Basizität des Flockungsmittels. Durch Zugabe von Natriumhydrogencarbonat oder Natriumcarbonat kann die Säurekapazität erhöht werden [7].

*Nitrat*, das bei Anwendung von Oxidationsmitteln, wie Ozon oder freies Chlor durch Oxidation von organischen Aminen und Ammoniumverbindungen entsteht, kann ein Indikator für Verunreinigungen, wie Harn, sein. Ausgangsstoffe können aber auch über das Füllwasser, das Huminsäuren oder Ammoniumverbindungen enthält, eingetragen werden. Nitrat ist außerdem ein Maß für das Alter des Beckenwassers, da es durch Aufbereitung nicht entfernt werden kann und sich die Konzentration mit der Zeit erhöht. Es kann nur mit Füllwasser verdünnt werden und somit die Konzentration herabgesetzt werden [80]. In der DIN 19643 wird ein Grenzwert für die Konzentration von Nitrat angegeben, die 20 mg/l über der Nitratkonzentration des Füllwassers anzusetzen ist. Dieser Grenzwert gilt nicht für Beckenwasser, das mit Ozon aufbereitet worden ist [7].

Die *Oxidierbarkeit* ist ein Maß für die organische Belastung des Wassers [43, p. 286 f.] und gibt die Menge des Sauerstoffs an, die zur Oxidation aller oxidierbaren Bestandteile des Badebeckenwassers gebraucht wird [81]. Sie muss regelmäßig überprüft werden, da durch organische Verunreinigungen die Desinfektionswirkung des Chlors negativ beeinflusst wird [73]. Als Oxidationsmittel dient, wie schon im Bereich der Trinkwasserhygiene, Kaliumpermanganat [43, p. 287 ff.]. In der DIN 19643 wird die Oxidierbarkeit des Mangans ( $\text{VII} \rightarrow \text{II}$ ) über dem Wert des Füllwassers als  $\text{O}_2$  bestimmt. Falls der Wert der Oxidierbarkeit des Filtrats unter dem des Füllwassers liegt, wird dieser als Bezugswert verwendet. Falls die Oxidierbarkeit des Füllwassers aber unter  $0,5 \text{ mg/l O}_2$  bzw. unter  $2 \text{ mg/l KMnO}_4$  liegt, gelten diese als Bezugswert [7].

*Gebundenes Chlor* wird berechnet durch die Differenz zwischen dem Gesamtchlorgehalt und dem Gehalt an freiem Chlor [7] und liegt in Form von Chloraminen im Badebeckenwasser vor [64]. Chloramine sind chlorierte Derivate organischer Stickstoffverbindungen und entstehen im Beckenwasser, wenn chlorhaltige Desinfektionsmittel eine chemische Verbindung mit organischen Substanzen, wie Harn, Schweiß oder Hautrückständen eingehen [82]. Hierbei entsteht der typische Schwimmbadgeruch nach Chlor [64]. Gebundenes Chlor kann bei den Badenden zu Schleimhautreizungen [83] und im Falle des Vorliegens von Trichloraminen zu Asthmaerkrankungen bei vorbelasteten Kleinkindern führen [84].

Die österreichische Bäderhygieneverordnung setzt außerdem noch verschiedene Grenzwerte in Abhängigkeit vom Desinfektionsverfahren für *Chloride* ( $\text{Cl}^-$ ) fest [66]. Chloride bilden oft Salze mit Natrium ( $\text{NaCl}$ ), Magnesium (Magnesiumchlorid ( $\text{MgCl}_2$ )) oder Calcium (Calciumchlorid ( $\text{CaCl}_2$ )) [85]. Sie gelangen über den Schweiß der Badenden, wie das  $\text{NaCl}$  oder über Aufbereitungsverfahren in das Beckenwasser. Chloride sind ein Indikator für Verschmutzungen und können bei hohen Konzentrationen zu Korrosionen führen [86].

*Trihalogenmethane* - THM sind Einzelkohlenstoffverbindungen, die mit Halogenen substituiert wurden [87]. Dazu zählen das Chloroform ( $\text{CHCl}_3$ ), Bromdichlormethan ( $\text{CHBrCl}_2$ ), Dibromchlormethan ( $\text{CHBrCl}_2$ ) und Tribrommethan ( $\text{CHBr}_3$ ) [6]. Sie sind ein unerwünschtes Nebenprodukt beim

Einsatz von chlorhaltigen Desinfektionsprodukten und entstehen im Badebeckenwasser bei der Reaktion von freiem Chlor mit organischen Substanzen [88] (Harn, Schweiß, Hautrückstände) oder Huminstoffe im Füllwasser [64]. THM sind leichtflüchtig und können so auch über die Atmung aufgenommen werden [64]. Alle THM verfügen über mögliche mutagene und/oder genotoxische Eigenschaften [89] wobei vor allem Leber und Niere anfällig sind [72]. Aus diesem Grund müssen THM aus dem Badewasser eliminiert werden. Die DIN 19643 gibt an, dass der THM-Gehalt auf das Chloroform umgerechnet wird, da es die Verbindung mit dem niedrigsten Molekulargewicht ist [7].

$$c(\text{THM}) = c(\text{CHCl}_3) + 0,728 \cdot c(\text{CHBrCl}_2) + 0,574 \cdot c(\text{CHBr}_2\text{Cl}) + 0,472 \cdot c(\text{CHBr}_3)$$

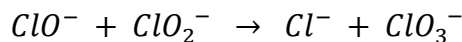
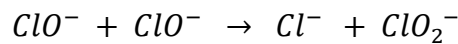
mit  $c$  : Konzentration

**Formel 1:** Berechnung der Konzentration von THM [7]

*Bromat*, das von der IARC als mögliches Humankanzerogen eingestuft wird, kann als Desinfektionsnebenprodukt entstehen [90] und greift vor allem die Nieren an [91]. Es kann bei der Oxidation von Bromid, das natürlicherweise im Füllwasser vorhanden ist, mit Ozon bei der Beckenwasseraufbereitung im Rahmen der in DIN 19643-3 beschriebenen Verfahrenskombination, entstehen [91] [7]. Hierbei ist die Bromatbildung abhängig von der Bromidkonzentration, der Ozondosis, der Reaktionszeit mit Ozon und dem pH-Wert. Folglich kann die Bromatbildung reduziert werden, wie z. B. durch Senkung des pH-Wertes unter 7 oder Senkung der Ozonkonzentration auf 0,1 mg/l (anstatt 0,3 mg/l) unter kontinuierlicher Kontrolle des gebundenen Chlors im Beckenwasser. Bromat kann auch bei der Desinfektion von Meereswasserschwimmbädern und Solebecken mit Chlor entstehen. In den genannten Wässern besteht ein hoher Gehalt an Bromid, der im Laufe des Desinfektionsverfahren zu Bromat oxidiert werden kann. Des Weiteren gelangt Bromat über Verunreinigung in Abhängigkeit zur Bromidkonzentration des Elektrolysesalzes, der zur Desinfektion eingesetzten Natriumhypochlorit-Lösung ins Beckenwasser. Die DIN EN 15077 „*Produkte zur Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser – Natriumhypochlorit*“ beschreibt die Zusammensetzung für handelsübliche Natriumhypochlorit-Lösungen [64].



*Chlorit* ( $ClO_2^-$ ) und *Chlorat* ( $ClO_3^-$ ) sind ebenfalls unerwünschte Nebenprodukte bei der Desinfektion des Badewassers mit Chlor [64]. Chlorat kann die roten Blutkörperchen schädigen und führt unter Methämoglobinbildung zu einer Behinderung des Sauerstofftransports im Körper [29]. Zudem ist es nierenschädigend [64] und fördert eine Vergrößerung der Schilddrüse durch Blockade des Jodeinbaus in die Schilddrüse [92]. Wie oben schon erwähnt, setzt sich freies Chlor aus Hypochlorige Säure und Hypochlorit-Ionen zusammen. Hypochloritionen können in einer wässrigen Lösung in einer zweistufigen Reaktion über Chlorit zu Chlorat reagieren [93].



**Formel 2:** Reaktion von Hypochloritionen über Chlorit zu Chlorat [93]

Diese Reaktion wird durch verschiedene Faktoren begünstigt. Hierzu zählen hohe Hypochloritkonzentrationen (z. B. durch Einsatz von konzentrierten Natriumhypochloritlösungen), Wärme, UV-Strahlung, pH-Werte  $< 10,5$  und die Anwesenheit von Katalysatoren, wie beispielsweise Schwermetallionen. Folglich können Freibäder an warmen Sommertagen und durch gealterte Natriumhypochloritlösungen, bei denen es aufgrund einer langen Lagerungszeit und vermehrten Lichteinfall zu einer beschleunigten Chloratbildung kommen kann, eine Gefahr sein. Chlorit und Chlorat können durch keine Badebeckenwasseraufbereitung aus dem Beckenwasser entfernt werden. Deswegen muss darauf geachtet werden, dass der Chlorateintrag durch chlorathaltige Desinfektionsmittel vermindert und gegebenenfalls eine Verdünnung mit Füllwasser durchgeführt wird [64].

In der Bäderhygieneverordnung wird außerdem noch *Chlordioxid*, ein Radikal, das unter anderem aus Chloriten und Chloraten entstehen kann, aufgelistet [66].

Die DIN 19643 hat ebenfalls einen Grenzwert für *Arsen* im Beckenwasser festgelegt [7]. Arsen gilt als karzinogen für Haut, Harnblase, Lunge und auch andere Organe [94]. Somit müssen Badende davor geschützt werden. Eine

Untersuchung auf Arsen wird aber nur durchgeführt, wenn arsenhaltiges Füllwasser, wie Meerwasser oder Heilwässer verwendet wurde [64].

Der Parameter *Harnstoff*, der allein in der schweizerischen Norm SIA 385/9 aufgeführt wird [68], kann über verschiedene Wege über die Badenden ins Wasser gelangen: durch Harn, Schweiß oder Cremes [76]. Er kann mit freiem Chlor zu Trichloraminen reagieren [95], die, wie weiter oben schon beschrieben, zu Reizungen der Haut, Augen und Schleimhäuten führen können [83] und im Verdacht stehen, Asthmaanfälle auszulösen [84].



### III Material und Methoden

Das Ziel dieser Arbeit ist insbesondere, die Neuerungen der „*Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch*“, die innerhalb der nächsten zwei Jahre in nationales Recht umgewandelt werden müssen, darzustellen. Ein Vergleich der aktuell geltenden deutschen, österreichischen und schweizerischen Gesetzestexte, welche die Trinkwasserhygiene betreffen, wird unter Beachtung der aktuellen Schwerpunktsetzung gezogen. Zusätzlich werden die Kriterien der Schwimm- und Badewasserhygiene der genannten Länder miteinbezogen und gegenübergestellt. Dabei werden zwei Verfahren angewendet.

Das erste Verfahren verläuft über Literaturrecherche. Hierbei werden alle geltenden Rechtsvorschriften berücksichtigt und gegenübergestellt.

Die Trinkwasserhygiene betreffend, sind dies als erstes die Grundlage der geltenden Trinkwasserverordnungen in Deutschland und Österreich, die Richtlinie des Europäischen Rates 98/83/EG. Diese Richtlinie wurde in Deutschland mit der Trinkwasserverordnung „*Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch*“ und in Österreich mit der „*Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch*“ jeweils in nationales Recht umgesetzt. Zudem existiert in Deutschland eine Leitlinie zum Vollzug der §§ 9 und 10 der TrinkwV, die vom Bundesministerium für Gesundheit und vom Umweltbundesamt herausgegeben wurde. Österreich regelt zusätzlich in seinem „*Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz*“ das Inverkehrbringen von Trinkwasser. Dieses Gesetz ist auch mit § 76 eine Grundlage für das Österreichische Lebensmittelbuch, das im Codexkapitel B1, die in der Trinkwasserverordnung angegebenen Qualitätskriterien erläutert und einige Ergänzungen dazu hat [96]. Zusätzlich zu diesen Gesetzesvorschriften wurde am 16. Dezember 2020 eine Neufassung der bislang geltenden Richtlinie 98/83/EG mit der Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch veröffentlicht. Hier treten verschiedene Neuerungen zum Schutz der Gesundheit des Menschen in Kraft. In dieser Arbeit wird deswegen auch ein Augenmerk auf die Auswirkungen dieser Veränderungen auf die Lebensmittelsicherheit gelegt. In der Schweiz sind der

Schutz der Konsumenten und der Schutz der Gesundheit in der Bundesverfassung in Art. 97 und Art. 118 verankert. Die hieraus resultierenden Verordnungen sind die „*Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung*“ [97] sowie die „*Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen*“ [98]. In der Schweiz werden zusätzlich zur TBDV vom „Schweizerischen Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW“ Richtlinien, wie beispielsweise die „*Richtlinie W3/E3 Hygiene in Trinkwasserinstallationen*“ oder die „*Richtlinie W1 für die Qualitätsüberwachung in der Trinkwasserversorgung*“ erstellt.

Die Literaturrecherche, die Badewasserhygiene betreffend, erstreckt sich in Deutschland auf die hier geltende DIN 19643 - *Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser* und die Empfehlung des deutschen Bundesamtes „*Hygieneanforderungen an Bäder und deren Überwachung*“. In Österreich gilt als Grundlage der verschiedenen Schwimm- und Badewasserhygieneparameter, das *Bäderhygienegesetz* und die daraus folgende *Bäderhygieneverordnung*. Außerdem existiert auch hier eine Norm, die *ÖNORM M 6215*. Die Schweiz behandelt das Thema der Badewasserhygiene zum einen, wie schon der Name sagt, in der „*Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen*“ und zum anderen in der Norm SIA 685/9 „*Wasser und Wasseraufbereitungsanlagen in Gemeinschaftsbädern - Anforderungen und ergänzende Bestimmungen für Bau und Betrieb*“.

Das zweite Verfahren, um einen Vergleich der Parameter der Trinkwasserhygiene und Badewasserhygiene aufzustellen, war eine Umfrage, die im Rahmen dieser Arbeit zur Trink- und Badewasserhygiene erstellt wurde (siehe Anhang IX 5).

Grundlage zur Erstellung der Umfrage ist die Thematik der Umsetzung der Analyse der verschiedenen Parameter im Trink- und Badewasser in den einzelnen Landkreisen, bzw. Ländern. Die Unterschiede im Umfang der Parameter, in der Art und Weise der Beprobung sowie eventuelle Grenzwertüberschreitungen stehen hierbei im Vordergrund. Interessant ist zu erfahren, ob sich dabei landkreisübergreifende Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede ergeben und ob der Umfang der Parameter von äußeren Faktoren, wie Geologie und Landwirtschaft, abhängig ist. Die Umfrage wurde an alle Gesundheitsämter, bzw. an die trink- und badewasserbeauftragten Behörden in Bayern, Baden-Württemberg, Österreich und

der Schweiz gesendet. Dies sind in Deutschland alle Gesundheitsämter der verschiedenen Landkreise. In der Schweiz sind dies die kantonalen Behörden und in Österreich die Abteilung der Gesundheit der jeweiligen Ämter der Bundesländer. In Bayern und Baden-Württemberg mussten jeweils die übergeordneten zuständigen Ämter angeschrieben und um Erlaubnis gebeten werden, die Umfrage an die zuständigen Stellen versenden zu dürfen. In Bayern ist dies das Bayerische Staatsministerium für Gesundheit und Pflege und in Baden-Württemberg das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz.

Im Allgemeinen ist die Quote der Rückmeldungen - auch nach mehrmaliger Erinnerung - eher gering ausgefallen. Ein Großteil der bayerischen Gesundheitsämter würde eine Gebühr (zwischen 10 € und 150 €) erheben. Eine übergeordnete Stelle in Baden-Württemberg gab eine Sammelantwort, die Antworten verschiedener Gesundheitsämter beinhaltet, und verwies bei der Badehygiene auf die Gesundheitsämter, die darüber einzeln Auskunft geben durften. Einige Daten, die Trinkwasserhygiene betreffend, konnten jedoch aus im Internet frei zugänglich veröffentlichten Trinkwasseranalysen entnommen werden. Zusätzlich konnten über die jeweiligen Stadtwerke und Gemeinden, Daten in Bezug auf die gefragten Parameter der Trinkwasserhygiene und vor allem der Badewasserhygiene eingeholt werden.



## **IV Ergebnisse**

### **1 Parameter der Trinkwasserhygiene**

#### **1.1 Vergleich der mikrobiologischen Parameter**

Im Folgenden werden die mikrobiologischen Parameter der Trinkwasserhygiene, anhand der festgesetzten Anforderungen der Richtlinie 98/83/EG, der Verordnungen der Länder Deutschland, Österreich und der Schweiz sowie der Neufassung der Richtlinie über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch dargestellt.



**Tabelle 3:** Mikrobiologische Kriterien im Vergleich [18] [8] [6] [60] [61]

| Parameter                      | Grenzwert                                               |                                                             |                                                         |                                                                                                                 |                                                                        |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                                | RL (EU) 2020/2184                                       | RL 98/83/EG                                                 | D                                                       | AT                                                                                                              | CH                                                                     |
| <i>E. coli</i>                 | 0/100 ml <sup>(1)</sup> bzw.<br>0/250 ml <sup>(2)</sup> | 0/100 ml <sup>(1)</sup> bzw.<br>0/250 ml <sup>(2)</sup>     | 0/100 ml <sup>(1)</sup> bzw.<br>0/250 ml <sup>(2)</sup> | 0/100 ml <sup>(3)</sup> bzw.<br>0/250 ml <sup>(2,4)</sup>                                                       | 0/100 ml <sup>(2,5,6,7,8,9)</sup>                                      |
| Enterokokken                   | 0/100 ml <sup>(1)</sup> bzw.<br>0/250 ml <sup>(2)</sup> | 0/100 ml <sup>(1)</sup> bzw.<br>0/250 ml <sup>(2)</sup>     | 0/100 ml <sup>(1)</sup> bzw.<br>0/250 ml <sup>(2)</sup> | 0/100 ml <sup>(3)</sup> bzw.<br>0/250 ml <sup>(2,4)</sup>                                                       | 0/100 ml <sup>(2,5,6,7,8,9)</sup>                                      |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>  | -                                                       | 0/250 ml <sup>(2)</sup>                                     | 0/250 ml <sup>(2)</sup>                                 | 0/100 ml <sup>(3)</sup> bzw.<br>0/250 ml <sup>(2,4)</sup>                                                       | 0/100 ml <sup>(2,6)</sup>                                              |
| Koloniezahl                    | 22 °C: ohne anormale<br>Veränderung                     | 22 °C: 100/ml <sup>(2)</sup><br>37 °C: 20/ml <sup>(2)</sup> | 22 °C / 36 °C: ohne<br>anormale Veränderung             | 22 °C: 100/ml <sup>(2,3)</sup><br>10/ml <sup>(4)</sup><br>37 °C: 20/ml <sup>(2,3)</sup><br>10/ml <sup>(4)</sup> | 100/ml <sup>(7)</sup><br>20/ml <sup>(8)</sup><br>300/ml <sup>(9)</sup> |
| Coliforme Bakterien            | 0/100 ml <sup>(1)</sup> bzw.<br>0/250 ml <sup>(2)</sup> | 0/100 ml <sup>(1)</sup> bzw.<br>0/250 ml <sup>(2)</sup>     | 0/100 ml <sup>(1)</sup> bzw.<br>0/250 ml <sup>(2)</sup> | 0/100 ml <sup>(3)</sup> bzw.<br>0/250 ml <sup>(2,4)</sup>                                                       | -                                                                      |
| <i>Clostridium perfringens</i> | 0/100 ml <sup>(10)</sup>                                | 0/100 ml <sup>(11)</sup>                                    | 0/100 ml <sup>(11)</sup>                                | 0/100 ml <sup>(11,3)</sup> bzw.<br>0/250 ml <sup>(11,2,4)</sup>                                                 | -                                                                      |
| <i>Legionella</i>              | < 1000 KBE/l                                            | -                                                           | 100 KBE/100 ml                                          | -                                                                                                               | -                                                                      |
| somatische Coliphagen          | 50 PFU/100 ml                                           | -                                                           | -                                                       | -                                                                                                               | -                                                                      |

##### Erläuterungen zu Tabelle 3:

- (1) allgemeine Anforderungen
- (2) Trinkwasser, das zur Abgabe in verschlossenen Behältnissen bestimmt ist
- (3) nicht desinfiziertes Wasser
- (4) desinfiziertes Wasser
- (5) Trinkwasser im Verteilnetz und in der Hausinstallation
- (6) Eis als Zutat zu Speisen oder Getränken
- (7) Trinkwasser an der Fassung, unbehandelt
- (8) Trinkwasser nach der Behandlung
- (9) Trinkwasser im Verteilnetz, behandelt oder unbehandelt
- (10) *Clostridium perfringens* ist zu bestimmen, wenn sich das aus der Risikobewertung ergibt
- (11) Ein Untersuchungsverfahren auf *Clostridium perfringens*, inklusive seiner Sporen, muss nur angewendet werden, wenn der Ursprung vom verwendeten Rohwasser Oberflächenwasser ist oder davon beeinflusst wird

Im Allgemeinen wird in den genannten Gesetzestexten immer zwischen „*Routinemäßigen Kontrollen*“ und „*Umfassenden Kontrollen*“ des Trinkwassers unterschieden. Bei den routinemäßigen Kontrollen oder auch Kontrollen der Parametergruppe A - wie sie in der deutschen Trinkwasserverordnung genannt werden - wird regelmäßig Auskunft über die mikrobiologische und organoleptische Qualität sowie die Funktionalität von Desinfektionsverfahren gegeben. Bei den umfassenden Kontrollen oder auch Kontrollen der Parametergruppe B - wie sie in der deutschen Trinkwasserverordnung genannt werden - wird sichergestellt, dass jeder Parameter, der im Anhang des jeweiligen Gesetzestextes (Richtlinie oder Verordnung) festgelegt ist, unter seinem Grenzwert liegt [8] [6].

In Tabelle 4 wird der Untersuchungsumfang der mikrobiologischen Parameter der routinemäßigen und umfassenden Kontrollen, die durch die Trinkwasserrichtlinien und die jeweiligen Trinkwasserverordnungen festgesetzt sind, dargestellt.

Die Mindesthäufigkeiten der Probennahmen bei Trinkwasser ist abhängig von der Menge des in einem Versorgungsgebiet pro Tag abgegebenen oder produzierten Wassers [8] [18] [6] [60].

**Tabelle 4:** Untersuchungsumfang der mikrobiologischen Parameter der routinemäßigen und umfassenden Kontrollen [18] [8] [6] [60] [99]

| Untersuchungen                                                | RL (EU) 2020/2184                                                                                                           | RL 98/83/EG                                                                                                                                                        | D                                                                                                                                                                                 | AT                                                                                                                                                                                      | CH                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| routinemäßige Kontrollen bzw. Kontrolle der Parametergruppe A | <i>E. coli</i> , Enterokokken, coliforme Bakterien, Koloniezahl bei 22 °C, mikrobiologische Parameter gemäß Risikobewertung | <i>E. coli</i> , coliforme Bakterien, Koloniezahl bei 22°C und 37 °C, <i>Clostridium perfringens</i> <sup>(1)</sup> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <sup>(2)</sup> | <i>E. coli</i> , Enterokokken, coliforme Bakterien, Koloniezahl bei 22 °C und 36 °C, <i>Clostridium perfringens</i> <sup>(1)</sup> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <sup>(2)</sup> | <i>E. coli</i> , Enterokokken, coliforme Bakterien, Koloniezahl bei 22 °C und 37 °C, <i>Clostridium perfringens</i> <sup>(1; 3)</sup> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <sup>(2; 3)</sup> | <i>E. coli</i> , Enterokokken, aerobe mesophile Keimzahl                                                 |
| Umfassende Kontrolle bzw. Kontrolle der Parametergruppe B     | <i>Clostridium perfringens</i> incl. Sporen,                                                                                | Enterokokken, <i>Clostridium perfringens</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <sup>(5)</sup>                                                                        | <i>Clostridium perfringens</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <sup>(5)</sup>                                                                                                     | <i>Clostridium perfringens</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <sup>(5)</sup>                                                                                                           | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> und spezifische Parameter die Gefährdungen charakterisieren <sup>(4)</sup> |

Erläuterungen zu Tabelle 4:

<sup>(1)</sup> „Nur erforderlich, wenn das Wasser von Oberflächenwasser stammt oder von Oberflächenwasser beeinflusst wird“ [8]

<sup>(2)</sup> „Nur erforderlich bei Wasser, das in Flaschen oder anderen Behältnissen zum Verkauf angeboten wird“ [8]

<sup>(3)</sup> zur Wirksamkeitskontrolle von Desinfektionsverfahren vor und direkt nach Abschluss der Desinfektion bestimmen [60]

<sup>(4)</sup> gemäß SVWG – Richtlinie W1 für die Qualitätsüberwachung in der Trinkwasserversorgung

<sup>(5)</sup> nur erforderlich, wenn die Parameter nicht schon bei den routinemäßigen Kontrollen inbegriffen sind

## 1.2 Vergleich der chemischen Parameter - Grenzwertunterschiede in Deutschland, Österreich und in der Schweiz

Die chemischen Parameter werden im Anhang IX 1, IX 2, bzw. IX 3 mit Angabe der jeweiligen geltenden Grenzwerte dargestellt. Durch Vergleich der einzelnen Parameterumfänge, inklusive der festgelegten Grenzwerte der Richtlinien 98/83/EG und (EU) 2020/2184 sowie der derzeit geltenden Trinkwasserverordnungen in Deutschland, Österreich und in der Schweiz, werden folgende Unterschiede deutlich:

**Tabelle 5:** Grenzwert-Unterschiede [8] [18] [6] [60] [61]

| Parameter              | Grenzwert      |                      |          |          |                                            |
|------------------------|----------------|----------------------|----------|----------|--------------------------------------------|
|                        | RL<br>98/83/EG | RL (EU)<br>2020/2184 | D        | AT       | CH                                         |
| Chrom                  | 50 µg/l        | 25 µg/l              | 50 µg/l  | 50 µg/l  | 50 µg/l bzw.<br>20 µg/l/ bei<br>Chrom (VI) |
| Nitrat                 | 50 mg/l        | 50 mg/l              | 50 mg/l  | 50 mg/l  | 40 mg/l                                    |
| Uran                   | -              | 30 µg/l              | 10 µg/l  | 15 µg/l  | 30 µg/l                                    |
| Cadmium                | 5 µg/l         | 5 µg/l               | 3 µg/l   | 5 µg/l   | 3 µg/l                                     |
| Kupfer                 | 2,0 mg/l       | 2,0 mg/l             | 2,0 mg/l | 2,0 mg/l | 1,0 mg/l                                   |
| Nitrit                 | 0,5 mg/l       | 0,5 mg/l             | 0,5 mg/l | 0,1 mg/l | 0,1 mg/l                                   |
| Trihalogen-<br>methane | 100 µg/l       | 100 µg/l             | 50 µg/l  | 30 µg/l  | 50 µg/l                                    |

**Fortsetzung Tabelle 5:** Grenzwert-Unterschiede [8] [18] [6] [60] [61]

|                                                              |                                                                            |                                                                            |                                           |                                                                            |                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Ammonium                                                     | 0,5 mg/l                                                                   | 0,5 mg/l                                                                   | 0,5 mg/l                                  | 0,5 mg/l                                                                   | reduziertes<br>Trinkwasser:<br>0,5 mg/l<br><br>oxidiertes<br>Trinkwasser:<br>0,1 mg/l |
| Chlorid                                                      | 250 mg/l                                                                   | 250 mg/l                                                                   | 250 mg/l                                  | 200 mg/l                                                                   | -                                                                                     |
| Färbung<br>bzw.<br>spektraler<br>Absorptions-<br>koeffizient | für den<br>Verbraucher<br>annehmbar<br>und ohne<br>anormale<br>Veränderung | für den<br>Verbraucher<br>annehmbar<br>und ohne<br>anormale<br>Veränderung | $0,5 \text{ m}^{-1}$                      | $0,5 \text{ m}^{-1}$                                                       | -                                                                                     |
| Geruch                                                       | für den<br>Verbraucher<br>annehmbar<br>und ohne<br>anormale<br>Veränderung | für den<br>Verbraucher<br>annehmbar<br>und ohne<br>anormale<br>Veränderung | 3 TON bei<br>23 °C                        | für den<br>Verbraucher<br>annehmbar<br>und ohne<br>anormale<br>Veränderung | für den<br>Verbraucher<br>annehmbar<br>und ohne<br>anormale<br>Veränderung            |
| elektrische<br>Leitfähigkeit                                 | 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$<br>bei 20 °C                                  | 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$<br>bei 20 °C                                  | 2790 $\mu\text{S}/\text{cm}$<br>bei 25 °C | 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$<br>bei 20 °C                                  | -                                                                                     |
| organische<br>gebundener<br>Kohlenstoff<br>(TOC)             | ohne<br>anormale<br>Veränderung                                            | ohne<br>anormale<br>Veränderung                                            | ohne<br>anormale<br>Veränderung           | ohne<br>anormale<br>Veränderung                                            | $\leq 2 \text{ mg/l}$                                                                 |
| Oxidier-<br>barkeit                                          | 5,0 mg/l $\text{O}_2$                                                      | 5,0 mg/l $\text{O}_2$                                                      | 5,0 mg/l $\text{O}_2$                     | 5,0 mg/l $\text{O}_2$                                                      | -                                                                                     |
| Sulfat                                                       | 250 mg/l                                                                   | 250 mg/l                                                                   | 250 mg/l                                  | 250 mg/l                                                                   | -                                                                                     |

**Fortsetzung Tabelle 5:** Grenzwert-Unterschiede [8] [18] [6] [60] [61]

| Trübung                  | Für den Verbraucher<br>annehmbar<br>und ohne<br>anormale<br>Veränderung<br><br>1,0 NTU | Für den Verbraucher<br>annehmbar<br>und ohne<br>anormale<br>Veränderung<br><br>1,0 NTU | 1,0 NTU                             | Für den Verbraucher<br>annehmbar<br>und ohne<br>anormale<br>Veränderung<br><br>1,0 NTU | 1,0 NTU<br>im<br>Verteilnetz |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Calcitlöse-<br>kapazität | -                                                                                      | -                                                                                      | 5,0 mg/l<br><i>CaCO<sub>3</sub></i> | -                                                                                      | -                            |
| Bor                      | 1,0 mg/l                                                                               | 1,5 mg/l                                                                               | 1,0 mg/l                            | 1,0 mg/l                                                                               | 1,0 mg/l                     |
| Selen                    | 10 µg/l                                                                                | 20 µg/l                                                                                | 10 µg/l                             | 10 µg/l                                                                                | 10 µg/l                      |
| Antimon                  | 5 µg/l                                                                                 | 10 µg/l                                                                                | 5 µg/l                              | 5 µg/l                                                                                 | 5 µg/l                       |
| Blei                     | 10 µg/l                                                                                | 5 µg/l *                                                                               | 10 µg/l                             | 10 µg/l                                                                                | 10 µg/l                      |

Erläuterung zu Tabelle 5:

\* gilt spätestens ab 12. Januar 2036

Chemische Parameter, die im Anhang unter Kapitel IX 1 aufgelistet sind, aber nicht in Tabelle 5 aufgeführt werden, unterscheiden sich nicht in den jeweiligen Grenzwerten.

In die Richtlinie (EU) 2020/2184 wurden sieben Parameter neu aufgenommen:

**Tabelle 6:** In Richtlinie (EU) 2020/2184 neu aufgenommene chemische Parameter [18]

| Parameter         | Grenzwert |
|-------------------|-----------|
| Bisphenol A       | 2,5 µg/l  |
| Chlorat           | 0,25 mg/l |
| Chlorit           | 0,25 mg/l |
| Halogenessigsäure | 60 µg/l   |
| Microcystin-LR    | 1,0 µg/l  |
| <u>PFAS</u>       |           |
| Gesamt*           | 0,50 µg/l |
| Summe*            | 0,1 µg/l  |
| Uran              | 30 µg/l   |

Erläuterung zu Tabelle 6:

\* „PFAS gesamt“ bezeichnet die Gesamtheit der per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen. „PFAS Summe“ bezeichnet die Summe der in Anhang III Teil B Nummer 3 aufgelisteten per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (siehe Kapitel II 2.2.5) [18].

In Österreich existiert, über die Trinkwasserverordnung hinaus, das Codexkapitel B1 des Lebensmittelbuches. Darin wird durch die Nennung weiterer Parameter, inklusive Grenzwerten, die Trinkwasserhygiene zusätzlich garantiert. Folgende Parameter werden aufgelistet: Aliphatische Kohlenwasserstoffe, Barium, Calcium, Chlorit, Kalium, leichtflüchtige halogenierte aliphatische Kohlenwasserstoffe



(Trichlorfluormethan, Dichlordifluormethan, 1,1,1-Trichlorethan, 1,1-Dichlorethen, Tetrachlormethan), Magnesium, Phosphate, Silikate nach Zudosierung, Zink, gelöster Sauerstoff, Schwefelwasserstoff, freies Chlor [96] (vergleiche Anhang Kapitel IX 2).

In der Schweiz sind in der Trinkwasserverordnung Parameter mit Grenzwerten aufgeführt, die aber weder in der Richtlinie 98/83/EG, noch in der deutschen, österreichischen Trinkwasserverordnung oder der Neufassung der Richtlinie aufgeführt werden: BTEX, freies Chlor, Chlordioxid, flüchtige Halogenwasserstoffe (Dichlormethan, Tetrachlormethan, Gesamtheit der flüchtigen Halogenwasserstoffe), 1,4 - Dioxan, EDTA/NTA, ETBE, MTBE, Kohlenwasserstoff-Index  $C_{10} - C_{40}$ , Organische chemische Verbindungen mit unbekannter Toxizität aber bekannter chemischer Struktur, mit/ohne strukturelle Hinweise auf ein genotoxisches Potenzial, Ozon, Perchlorat, Phosphat, Silber, Silikat, Stoffe gemäß Anhang 2 der Bedarfsgegenständeverordnung des EDI vom 16. Dezember 2016, Zink [61] (vergleiche Anhang Kapitel IX 3).

In den Trinkwasserrichtlinien sowie den jeweiligen Trinkwasserverordnungen wird jeweils zwischen einem kleinen und großen Untersuchungsprogramm unterschieden. Im Folgenden wird eine Übersicht über die jeweils zu untersuchenden chemischen Parameter gegeben:

**Tabelle 7:** Untersuchungsumfang der chemischen Parameter der routinemäßigen und umfassenden Kontrolle [18] [8] [6] [60] [99]

| Untersuchungen                                                | RL (EU) 2020/2184                                                                                                                                                                                              | RL 98/83/EG                                                                                                                                                 | D                                                                                                                        | AT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | CH                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| routinemäßige Kontrollen bzw. Kontrolle der Parametergruppe A | Färbung, Trübung, Geschmack, Geruch, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Ammonium <sup>(1)</sup> , Nitrit <sup>(1)</sup> , Aluminium <sup>(2)</sup> , Eisen <sup>(2)</sup> , sonstige Parameter <sup>(3)</sup> | Färbung, Trübung, Geschmack, Geruch, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Nitrit <sup>(1)</sup> , Aluminium <sup>(4)</sup> , Eisen <sup>(4)</sup> , Ammonium | Färbung, Trübung, Geschmack, Geruch, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Aluminium <sup>(2)</sup> , Eisen <sup>(2)</sup> | Färbung, Trübung, Geschmack, Geruch, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, Ammonium <sup>(1)</sup> , Nitrit <sup>(1)</sup> , Aluminium <sup>(2)</sup> , Eisen <sup>(2)</sup> , <u>bei desinfiziertem Wasser:</u> Konzentration an Chlorverbindungen <sup>(5)</sup> , Konzentration an Ozon <sup>(6)</sup> , UV-Durchlässigkeit des Wassers <sup>(7)</sup> , Durchfluss des Wassers <sup>(7)</sup> , Referenzbestrahlungsstärke <sup>(7)</sup> | Färbung, Trübung, Geschmack, Geruch, elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, Restchlorgehalt                                                                                      |
| Umfassende Kontrolle bzw. Kontrolle der Parametergruppe B     | sonstige Parameter der Richtlinie, die nicht bei den Kontrollen der Parametergruppe A inbegriffen sind                                                                                                         | sonstige Parameter der Richtlinie, die nicht bei den routinemäßigen Kontrollen inbegriffen sind                                                             | Parameter der Anlage 1-3 Teil I der TrinkwV, wenn nicht bereits als Parameter der Gruppe A untersucht.                   | Parameter des Anhangs I der TWV <u>bei desinfiziertem Wasser:</u> Konzentration an Chlorverbindungen <sup>(5)</sup> , Konzentration an Ozon <sup>(6)</sup> , UV-Durchlässigkeit des Wassers <sup>(7)</sup> , Durchfluss des Wassers <sup>(7)</sup> , Referenzbestrahlungsstärke <sup>(7)</sup>                                                                                                                                                          | Anionen, Kationen mit Ionenbilanz, Trübung, pH-Wert, TOC, DOC, Kaliumpermanganat-Verbrauch, Nebenprodukte beim Einsatz von Zusatzstoffen und Desinfektionsmitteln <sup>(8)</sup> |

Erläuterungen zu Tabelle 7:

- (1) nur erforderlich, wenn Chloraminierung als Desinfektionsmethode verwendet wird
- (2) nur erforderlich, wenn es zur Wasseraufbereitung verwendet wird
- (3) gemäß einer vom Mitgliedstaat durchgeführten Risikobewertung
- (4) nur erforderlich bei Verwendung als Flockungsmittel
- (5) bei Chlorung als eingesetztes Desinfektionsverfahren
- (6) bei Ozonung als eingesetztes Desinfektionsverfahren
- (7) bei UV- Bestrahlung als eingesetztes Desinfektionsverfahren
- (8) gemäß SVWG - Richtlinie W1 für die Qualitätsüberwachung in der Trinkwasserversorgung

## **2 Weitere Neuerungen der Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184**

Durch die Richtlinie (EU) 2020/2184 finden weitere grundlegende Änderungen statt, die im Folgenden genauer beschrieben werden:

### **2.1 Verbesserung des Zugangs zu Trinkwasser**

Mit dem Ziel den Zugang zu Trinkwasser zu verbessern, wird besonderes Augenmerk auf benachteiligte Gruppen, die keinen oder nur begrenzten Zugang zu Trinkwasser besitzen, gelegt. Hierbei soll von den Mitgliedstaaten ein Vorgehensplan unter Berücksichtigung der in der Richtlinie (EU) 2020/2184 vorgeschlagenen Maßnahmen, entwickelt werden, wie das Ziel erreicht werden kann. Dazu muss von den Mitgliedstaaten zuerst die Ausgangslage genauestens analysiert werden und offene Fragen, wie zum Beispiel welche Menschen auf den verbesserten Zugang angewiesen sind und welche Gründe es hierfür gibt, geklärt werden. Zu den zu treffenden Maßnahmen zählen beispielsweise die Installation von Trinkwasseranlagen an öffentlichen Orten, die leicht zu erreichen sind und deren Vorhandensein durch Hinweisschilder sichtbar gemacht wird sowie verschiedene Projekte zur Information der Bevölkerung über die Bedeutung der Trinkwasserqualität [18].

### **2.2 Risikobewertung und Risikomanagement**

Eine Neuerung ist ein risikobasierter Ansatz für sicheres Wasser, der für die Entnahme, Versorgung, Aufbereitung, Speicherung und Verteilung von Trinkwasser eingesetzt werden muss. Dieser muss die *„Risikobewertung und -management der Einzugsgebiete von Entnahmestellen“*, die *„Risikobewertung und -management für das Versorgungssystem“* sowie die *„Risikobewertung der Hausinstallationen“* miteinschließen. Die Risikobewertung und das -management der Entnahmestellen beinhalten die Charakterisierung der Einzugsgebiete von Entnahmestellen, wobei unter anderem die Kartierung der Einzugs- und Schutzgebiete und eine Georeferenzierung der genannten Stellen sowie eine Beschreibung der Flächennutzung und Abflussprozesse mit inbegriffen ist. Hinzu kommt der Identifizierungsprozess der Gefahren und die Bewertung der daraus resultierenden Risiken für die Trinkwasserqualität. Es muss eine Überwachung der Trinkwasserressource mit zu bestimmenden Parametern und Schadstoffen

erarbeitet werden. Zudem müssen Risikomanagementmaßnahmen zur Verhinderung der bestimmten Risiken mit Hilfe von Präventivmaßnahmen und etwaigeren Minderungsmaßnahmen in den Einzugsgebieten angesetzt werden. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen muss regelmäßig durch den Mitgliedstaat kontrolliert werden und Wasserversorger haben zu dem die Pflicht, die zuständigen Behörden über Abweichungen in der Qualität des Wassers zu informieren [18].

Die Risikobewertung und das Risikomanagement des Versorgungssystems muss die Entnahme, Aufbereitung, Speicherung und Verteilung von Trinkwasser durch den Wasserversorger bis zur Übergabestelle beinhalten. Hierbei werden die Ergebnisse der Risikobewertung der Einzugsgebiete berücksichtigt und die Gefahren des Versorgungssystems und die daraus resultierenden Risiken analysiert. Im Anschluss werden im Rahmen des Risikomanagements, Maßnahmen erarbeitet, welche die erkannten Risiken verhindern oder zumindest mindern können. Zusätzlich werden betriebliche Überwachungsprogramme erarbeitet, in denen die Wirksamkeit von Aufbereitungsmaßnahmen und Materialien, die in Kontakt mit Trinkwasser kommen, berücksichtigt werden [18].

Die Risikobewertung von Hausinstallationen beinhaltet eine Analyse der Risiken, die von Installationen und den dafür verwendeten Materialien in Bezug auf die Qualität des Trinkwassers hervorgehen können. Miteingeschlossen wird hier explizit die Überwachung der Parameter *Legionella* spp. und Blei, in Örtlichkeiten, bei denen ein Risiko durch diese Parameter befürchtet wird. Zusätzlich müssen auch in diesem Bereich des Risikomanagements Maßnahmen aufgeführt werden, die bei Nichteinhaltung angewendet werden. Darüber hinaus sollten Eigentümer öffentlicher oder privater Gebäude über Risiken und Maßnahmen ausführlich informiert und beraten werden [18].

Diese Risikobewertungs- und -managementmaßnahmen sind in Bezug auf die Entnahmestellen bis zum 12. Juli 2027, bzw. in Bezug auf das Versorgungssystem und die Hausinstallation bis zum 12. Januar 2029 das erste Mal durchzuführen [18].

### **2.3 Mindestanforderungen an Baustoffe und Filtermedien**

Eine weitere Neuerung ist die Angabe von Mindesthygieneanforderungen für Baustoffe und Filtermedien, die in Kontakt mit Trinkwasser kommen sowie für Chemikalien, die zur Trinkwasseraufbereitung verwendet werden. Hierbei ist bei Neubauten und im Rahmen von Reparaturmaßnahmen sowie bei Verwenden von Chemikalien und Filtermedien darauf zu achten, dass die menschliche Gesundheit durch verwendete Materialien nicht gefährdet wird. Zudem darf die Färbung, der Geruch sowie der Geschmack nicht negativ beeinflusst werden. Das verwendete Material darf nicht zu einer Erhöhung der Konzentration an Mikroorganismen oder sonstigen Schadstoffen führen. In Bezug auf die verwendeten Materialien werden Durchführungsrechtsakten von der Kommission erlassen, um EU-einheitliche Bedingungen zu erschaffen. Hierbei sollen bis zum 12. Januar 2024 Methoden für die Prüfung und Akzeptanz von Ausgangsstoffen, Zusammensetzungen und Bestandteilen, die in Kontakt mit Trinkwasser kommen und in europäische Positivlisten aufgenommen werden sollen, erarbeitet werden. Diese europäischen Positivlisten, die mit Hilfe der ECHA zusammengeführt werden und auch Migrationsgrenzwerte beinhalten, berücksichtigen verschiedene Gruppen von Materialien, die in Kontakt mit Trinkwasser kommen können und hierfür zugelassen sind: „organische Materialien, zementgebundene oder metallene Werkstoffe, Emails, keramische oder andere anorganische Werkstoffe, die für die Herstellung von Materialien und Werkstoffen oder Produkten [...] zugelassen sind“ [18]. Diese müssen bis zum 12. Januar 2025 erarbeitet sein, dürfen aber regelmäßig aktualisiert werden. Bis zum 12. Januar 2024 müssen Praktiken für die Analyse, inklusive Festlegung der zu analysierenden Eigenschaften, „wie Trübung, Geschmack, Geruch, Färbung, gesamter organischer Kohlenstoff, Freisetzung unerwarteter Stoffe“ [18] und andere, erarbeitet und Kriterien für die Aufnahme von Stoffen in Positivlisten unter Berücksichtigung der Migration dieser Stoffe ins Trinkwasser bis zur Zapfstelle ermittelt werden [18].

In Bezug auf die verwendeten Chemikalien bei der Trinkwasseraufbereitung und bei der Anwendung von Filtermedien ist auf deren Reinheit und Unbedenklichkeit zu achten. Hierbei wird auch Augenmerk auf Färbung, Geruch, Geschmack und unerwünschte Mikroorganismen gelegt [18].

## **2.4 Einführung einer Beobachtungsliste**

Um die Sicherheit der menschlichen Gesundheit weiter zu verbessern, wird auch im Rahmen der Risikobewertung und des Risikomanagements, eine Beobachtungsliste bis zum 12. Januar 2022 erlassen. Hierbei wird auf Verbindungen und Stoffe verwiesen, die nach Wissenschaftsmeinung insbesondere nach Forschungsergebnissen der WHO, die menschliche Gesundheit gefährden und im Trinkwasser vorkommen können. Es handelt sich unter anderem um Arzneimittel, Mikroplastik und endokrine Disruptoren. Explizit werden  $\beta$ -Östradiol und Nonylphenol als endokrine Disruptoren in die erste Beobachtungsliste aufgenommen. Zusätzlich muss bis zum 12. Januar 2024 ein Analyseverfahren für Mikroplastik in die Richtlinie (EU) 2020/2184 eingebracht werden, um den Parameter der Beobachtungsliste hinzufügen zu können. Jedem Parameter der Beobachtungsliste wird zusätzlich ein Leitwert und ein Analyseverfahren zugeschrieben. Sobald ein Leitwert überschritten wird, müssen verschiedene Maßnahmen in Betracht gezogen werden, die unter Umständen bei hohem Risiko getroffen werden müssen. Es werden zudem Anforderungen an die Überwachung der zu überprüfenden Stoffe an verschiedenen Stellen der Trinkwasserversorgung festgelegt. Sobald die Konzentration eines Parameters der Beobachtungsliste über den festgelegten Leitwert steigt, müssen die Wasserversorger abwägen, welche Maßnahmen ergriffen werden: Präventivmaßnahmen, Minderungsmaßnahmen oder Abhilfemaßnahmen [18].

## **2.5 Wasserverluste**

Erstmals wird in der Richtlinie (EU) 2020/2184 auch Augenmerk auf die Wasserverluste gelegt. Hierbei soll bis zum 12. Januar 2026 von Wasserversorgern, die mindestens 10 000 m<sup>3</sup> Trinkwasser pro Tag bereitstellen, bzw. mindestens 50.000 Menschen versorgen, eine Bewertung der Höhe der Wasserverluste, die der EU-Kommission mitgeteilt werden muss, erfolgen. Gleichzeitig soll ein Verbesserungsvorschlag zur Reduzierung der Wasserverluste erstellt werden. Dieses soll unter Anwendung des Infrastruktur-Wasserverlustindex (infrastructural leakage index - ILI) erfolgen [18]. Hierbei werden verschiedene Strukturparameter berücksichtigt und das Verhältnis von realen jährlichen Verlusten (Verlust über Leitungen) und unvermeidbaren jährlichen Verlusten (Messfehler, Ablesefehler, Wasserdiebstahl) als Bewertungskriterien herangezogen [100]. Im Folgenden wird

die Kommission einen Schwellenwert, auf Grundlage der Bewertungen der Mitgliedsstaaten, festlegen, bei dessen Überschreiten verschiedene Maßnahmen durch die betroffenen Mitgliedsstaaten zur Reduzierung der Wasserverluste ergriffen werden müssen [18].



### 3 Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene

Im Folgenden werden die Unterschiede der mikrobiologischen und chemischen Parameter der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene in Deutschland, Österreich und in der Schweiz anhand der dort geltenden Gesetzestexte gegenübergestellt.

#### 3.1 Mikrobiologische Parameter

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurden in den jeweils geltenden nationalen Vorschriften über die Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene Grenzwerte für mikrobiologische Parameter festgelegt, auf die zum Teil mit speziellen Nachweisverfahren untersucht werden muss.

Nach der deutschen DIN 19643 sind dies folgende Parameter: *Pseudomonas aeruginosa*, *E. coli*, *Legionella* spp. und die Koloniezahl bei  $36 \pm 1$  °C. Es wird zwischen „Anforderungen primäres und sekundäres Füllwasser“, „Reinwasser: oberer Wert“ und „Beckenwasser oberer Wert“ unterschieden [7] (vergleiche Anhang Kapitel IX 4). Zusätzlich werden die Bewertung und die darauffolgenden Maßnahmen bezüglich eines Legionellen-Nachweises beschrieben. In der Empfehlung des Umweltbundesamtes wird außerdem auf zusätzliche Untersuchungen auf „Cryptosporidien, Viren, speziell Noroviren, atypische Mykobakterien und enterohämorrhagische *E. coli* (EHEC)“ [64] bei Vorliegen von vermehrten Krankheitsfällen, verwiesen [64].

In der österreichischen Bäderhygieneverordnung wird zwischen „Anforderungen an das Füllwasser“, „Anforderungen an Wasser aus der Wasseraufbereitungsanlage vor der Chlorung, jedoch nach Filtration“ und zwischen „Anforderungen an Beckenwasser“ unterschieden [66] (vergleiche Anhang Kapitel IX 4).

Ein zusätzlicher Parameter, auf den nach DIN 19643 in Deutschland und nach SIA 385/9 in der Schweiz nicht explizit untersucht, in Österreich jedoch nach der Bäderhygieneverordnung verlangt wird, ist die Untersuchung auf Enterokokken [66]. Enterokokken besitzen eine Indikatorfunktion für fäkale Verunreinigungen, lassen auf weitere schädliche Mikroorganismen schließen und weisen somit auf eine ungenügende Desinfektion hin [101].

Die ÖNORM M 6215 des Austrian Standards Institute gibt zusätzlich zur übersichtlicheren Darstellung der mikrobiologischen Parameter, Toleranzwerte für

*Legionella* spp. und *Pseudomonas aeruginosa* im Filtrat an [67]. Diese Toleranzwerte (siehe Tabelle 8: Toleranzwerte im Filtrat nach ÖNORM M 6215 ) dürfen aufgrund eines zusätzlich zur BHygV 2012 geltenden Erlasses des Bundesministeriums für Gesundheit kurzfristig toleriert werden [102]:

**Tabelle 8:** Toleranzwerte im Filtrat nach ÖNORM M 6215 [67]

| Kurzfristige Ausnahmen                                       |
|--------------------------------------------------------------|
| $0 < Pseudomonas aeruginosa < 50 \text{ KBE/100 ml} *$       |
| $0 < Legionella \text{ spp.} < 100 \text{ KBE/100 ml} *$     |
| $50 < Pseudomonas aeruginosa < 200 \text{ KBE/100 ml} **$    |
| $100 < Legionella \text{ spp.} < 1000 \text{ KBE/100 ml} **$ |

Erläuterungen zu Tabelle 8:

\* Diese Ausnahmen dürfen gelten, wenn im Beckenwasser weder *Pseudomonas aeruginosa* noch *Legionella* spp. nachweisbar sind und sofortige Optimierungsmaßnahmen, wie eine Verbesserung der Filterspülung, eine Erhöhung an freiem Chlor oder eine Chlorung des Filtrerrückspülwassers, an der Wasseraufbereitungsanlage durchgeführt werden. Innerhalb von sechs Monaten sollte ein Kontrollbefund erstellt werden.

\*\* Diese Ausnahmen dürfen gelten, wenn im Beckenwasser weder *Pseudomonas aeruginosa* noch *Legionella* spp. nachweisbar sind und sofortige Sanierungsmaßnahmen, wie Desinfektion des Filters und/oder Austausch des Filtermaterials, an der Wasseraufbereitungsanlage durchgeführt werden. Nach erfolgter Sanierung ist es die Pflicht, unverzüglich einen Kontrollbefund zu erstellen.

In der Schweiz wird das Schwimm- und Badebeckenwasser ebenfalls auf *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Legionella* spp. untersucht [61]

(vergleiche Anhang Kapitel IX 4). Einziger Unterschied zu der deutschen Beprobung ist die Beprobung auf aerobe mesophile Keime, anstatt der Bestimmung der Koloniezahl bei  $36 \pm 1$  °C. Hierbei wird ein Probenansatz bei 30 °C für 72 Stunden unter aeroben Bedingungen inkubiert [61].

Die schweizerische Norm SIA 385/9 gibt ebenfalls Anweisungen zur Beprobung auf Legionellen: Diese Untersuchung muss nur - wie schon in Deutschland – im Beckenwasser von Warmsprudelbecken und aerosolbildenden Kreisläufen über 23 °C, durchgeführt werden. Außerdem werden Maßnahmen bei Überschreitung des Toleranzwertes in Bezug auf Legionellen angeraten (vergleiche Anhang Kapitel IX 4) [68].

### **3.2 Chemische und chemisch-physikalische Anforderungen**

In der DIN 19643 sowie der österreichischen Bäderhygieneverordnung sind für die verschiedenen Wasser, Parameter der Aufbereitung der Badebeckenhygiene betreffend, Grenzwerte und Nachweisverfahren angegeben [7] [66]. Auch in der schweizerischen Norm SIA 385/9 werden physikalische und chemische Parameter mit einem Richtwert und einem Toleranzwert für das Beckenwasser angegeben [68]. Die Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV) hingegen gibt Mindestwerte und Höchstwerte verschiedener Parameter an [61].

Primäres und sekundäres Füllwasser muss im Allgemeinen Trinkwasserqualität besitzen [7]. Folglich muss gemäß der geltenden Trinkwasserverordnungen auf verschiedene Parameter getestet werden und das Wasser den Anforderungen entsprechen. In der deutschen DIN 19643 wird zusätzlich auf Stoffe, welche die Aufbereitung stören, eingegangen. Diese müssen in einer getrennten Anlage Aufbereitungsmaßnahmen unterzogen werden. Hier werden verschiedene Parameter genannt, bei denen die Aufbereitungsmaßnahmen bei einer erhöhten Konzentration geeignet sein müssen, um die Schwimmbadhygiene einzuhalten [7]:

- Huminstoffe (THM-Bildungspotenzial)
- Organisch gebundener Kohlenstoff
- Eisen > 0,1 mg/l
- Mangan > 0,05 mg/l (Ablagerungen)
- Ammonium > 0,5 mg/l (kann mit Chlor zu Chloraminen reagieren)

- Polyphosphate
- Orthophosphat

Polyphosphate bzw. Orthophosphate werden als Korrosionsschutz dem Trinkwasser zugesetzt. Sie werden im Füllwasser kritisch gesehen, da sie sich negativ auf die Hygiene auswirken können. Orthophosphat sorgt für eine Begünstigung des Algenwachstums. Polyphosphate, die sich auch zu Orthophosphaten umwandeln können, sorgen unter Umständen aufgrund ihrer Fähigkeit zur Komplexbildung für eine Störung in der Flockungsfiltration [7].

In der österreichischen Bäderhygieneverordnung wird in Bezug auf das Füllwasser und das Filtrat außerdem noch der Kaliumpermanganatverbrauch, der die Oxidierbarkeit widerspiegelt (vergleiche Tabelle 9:  $KMnO_4$ -Verbrauch bzw. TOC Füllwasser und Filtrat) aufgelistet. Zusätzlich dazu sollte der Ozonwert nach dem Aktivkohlefilter einen Wert von 0,05 mg/l nicht überschreiten [66].

**Tabelle 9:**  $KMnO_4$ -Verbrauch bzw. TOC Füllwasser und Filtrat [66]

| Parameter                          | Grenzwert<br>Füllwasser | Grenzwert<br>Filtrat |
|------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| <u>Chloridgehalt &gt; 500 mg/l</u> |                         |                      |
| $KMnO_4$ -Verbrauch                | < 11 mg/l               | < 7 mg/l             |
| oder                               |                         |                      |
| TOC                                | < 2 mg/l                | < 1,3 mg/l           |

Um den hygienisch einwandfreien Zustand des Beckenwassers zu gewährleisten, wird das Beckenwasser auf verschiedene Parameter untersucht. Deutschland unterscheidet zwischen Rein- und Beckenwasser und gibt neben den zulässigen Nachweisverfahren, jeweils für die verschiedenen Parameter zulässige untere und obere Werte an [7]. Österreich gibt für das Beckenwasser ebenfalls obere und untere Werte für die Konzentration verschiedener Parameter an [66]. In der Schweiz gilt neben der TBDV auch die SIA 385/9 bezüglich der Badewasserhygiene. In der

TBDV werden Grenzwerte und in der SIA 385/9 Richtwerte und Toleranzwerte angegeben [61] [68].

Im Folgenden werden die zu untersuchenden Parameter in Deutschland, Österreich und in der Schweiz gegenübergestellt. Ihre jeweilige Bedeutung, die Badewasserhygiene betreffend, wird in der Literaturübersicht in Kapitel II3 „*Mikrobiologische, chemische und chemisch-physikalische Anforderungen an Badebeckenwasser*“ beschrieben. Die jeweils geltenden Grenzwerte werden im Anhang in Kapitel IX 4 aufgelistet.

**Tabelle 10:** Gegenüberstellung der Untersuchung der Badehygiene-Parameter in Deutschland, Österreich und in der Schweiz [7] [66] [61] [68]

| Parameter        | Deutschland | Österreich | Schweiz          |
|------------------|-------------|------------|------------------|
| freies Chlor     | X           | X          | X <sup>(1)</sup> |
| Redoxspannung    | X           | X          | X <sup>(2)</sup> |
| pH-Wert          | X           | X          | X <sup>(1)</sup> |
| Färbung          | X           |            |                  |
| Trübung          | X           |            | X <sup>(1)</sup> |
| Aluminium        | X           | X          |                  |
| Eisen            | X           | X          |                  |
| Klarheit         | X           | X          | X <sup>(2)</sup> |
| Säurekapazität   | X           |            | X <sup>(2)</sup> |
| Nitrat           | X           | X          |                  |
| Oxidierbarkeit   | X           | X          | X <sup>(2)</sup> |
| TOC              |             | X          | X <sup>(2)</sup> |
| gebundenes Chlor | X           | X          | X <sup>(1)</sup> |
| Chloride         |             | X          |                  |
| THM              | X           | X          | X <sup>(1)</sup> |

**Fortsetzung Tabelle 10:** Gegenüberstellung der Untersuchung der Badehygiene-Parameter in Deutschland, Österreich und in der Schweiz [7] [66] [61] [68]

|                          |   |   |                  |
|--------------------------|---|---|------------------|
| Bromat                   | X |   | X <sup>(1)</sup> |
| Summe<br>Chlorit/Chlorat | X |   |                  |
| Chlorit                  |   | X |                  |
| Chlorat                  |   |   | X <sup>(1)</sup> |
| Chlordioxid              |   | X |                  |
| Arsen                    | X |   |                  |
| Ozon                     |   | X | X <sup>(1)</sup> |
| freies Brom              |   |   | X <sup>(3)</sup> |
| gebundenes Brom          |   |   | X <sup>(3)</sup> |
| Bromid                   |   |   | X <sup>(3)</sup> |
| Harnstoff                |   |   | X <sup>(1)</sup> |
| Algizide                 |   |   | X <sup>(2)</sup> |

Erläuterungen zu Tabelle 10:

<sup>(1)</sup> in TBDV und SIA 385/9 enthalten,

<sup>(2)</sup> in SIA 385/9 enthalten,

<sup>(3)</sup> in TBDV enthalten;

## 4 Umfrage

Die Umfrage befasste sich mit den folgenden vier Themengebieten: „Epichlorhydrin, Vinylchlorid und Acrylamid“, „Radioaktivität“, „Pflanzenschutzmittel“ und „Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene“.

Beim ersten Themengebiet „Epichlorhydrin, Vinylchlorid und Acrylamid“ war es interessant zu erfahren, wie in den Landkreisen, bzw. Ländern, die Einhaltung der Anforderungen der produktspezifischen Parameter sichergestellt wird. Nach den Trinkwasserverordnungen bezieht sich der Grenzwert auf die Restmonomerkonzentration im Trinkwasser, berechnet auf der Grundlage der maximalen Freisetzung nach den Spezifikationen des entsprechenden Polymers und der angewandten Polymerdosis. Der Nachweis der Einhaltung des Grenzwertes kann aber auch durch die Analyse des Trinkwassers erbracht werden [6]. Außerdem war interessant, welches Probennahmeverfahren angewendet wird, ob das Rohwasser untersucht wird, wer diese Untersuchungen durchführt und ob es zu Grenzwertüberschreitungen kam.

Das zweite Themengebiet befasste sich mit der „Radioaktivität“. Hierbei werden Unterschiede aufgezeigt, auf welche ionisierende Strahlung und auf welche radioaktiven Stoffe in den jeweiligen Ländern untersucht wird. Außerdem wurde auf das Verfahren der Erstuntersuchung, das Untersuchungsintervall und auf die Überschreitung der Richtdosis eingegangen.

Im dritten Themengebiet der „Pflanzenschutzmittel“ ging es darum, wie die Einhaltung der Anforderungen der jeweils geltenden Trinkwasserverordnungen sichergestellt wird und welches Wasser (Roh- und/oder Trinkwasser) dabei berücksichtigt wird. Zudem gibt es Unterschiede darin, ob die Summe der Pflanzenschutzmittel oder einzelne Pflanzenschutzmittel bei der Ermittlung des Wertes berücksichtigt werden.

Das vierte Themengebiet umfasste die „Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene“. Hierbei wurde die Beprobung auf unterschiedliche Parameter der verschiedenen Wasserarten (Füllwasser, Filtrat, Reinwasser, Beckenwasser, Rohwasser) in den Vordergrund gestellt.

Insgesamt wurden 248 Umfragen an die trinkwasserbeauftragten Stellen in Bayern (76 Stück), Baden-Württemberg (44 Stück), Österreich (98 Stück) und der Schweiz



(30 Stück) gesendet. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Umfrage anonymisiert vorgestellt.

Bayern: 5 Antworten verschiedener Landkreise: BY1 - BY5

Baden-Württemberg: 17 Antworten: BW1 - BW17\*

Österreich: 6 Antworten: AT1 - AT6

Schweiz: 5 Antworten: CH1 - CH5

\* Bei BW17 handelt es sich um eine Sammelantwort von verschiedenen Gesundheitsämtern, zusammengefasst von einer übergeordneten Stelle.

#### **4.1 Epichlorhydrin, Vinylchlorid, Acrylamid**

***Frage 1.1:** Wie wird in Ihrem Landkreis die Einhaltung der Anforderungen der produktspezifischen Parameter Epichlorhydrin, Vinylchlorid und Acrylamid nach der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) sichergestellt?*

Von den fünf bayerischen Landkreisen, die an der Umfrage teilgenommen haben, stellen drei der Landkreise, die Einhaltung des Grenzwertes auf Grundlage der maximalen Freisetzung nach den Produktspezifikationen des entsprechenden Polymers sicher. Diese sind der Landkreis BY2, der Landkreis BY4 und der Landkreis BY5. Nur ein Landkreis, BY1, ermittelt den Wert der drei Parameter durch Analyse des Trinkwassers.

In Baden-Württemberg wird anhand der beantworteten Umfragen sowie der Sammelantwort BW17 deutlich, dass die Einhaltung des Grenzwertes durch Analyse des Trinkwassers sichergestellt wird.

Nach der Antwort des AT3 werden dort beide bekannten Methoden angewendet. AT4 und AT6 hingegen, analysieren das Trinkwasser in Bezug auf die drei Parameter. AT5 analysiert den Parameter „Acrylamid“ im Rahmen der umfassenden Kontrollen alle zwei Jahre in festgelegten Wasserspendern. Untersuchungen auf Epichlorhydrin und Vinylchlorid werden aufgrund einer Risikobewertung zurzeit dort nicht durchgeführt.

In der Schweiz, im Gebiet CH3, wird nach Angabe des dort zuständigen Amtes, Vinylchlorid anhand der Analyse des Trinkwassers sichergestellt.

Bei einzelnen Stadtwerken können die Werte von Epichlorhydrin, Vinylchlorid und Acrylamid, falls untersucht, veröffentlicht und angegeben, eingesehen werden. Zum überwiegenden Teil werden diese Parameter in den jeweiligen veröffentlichten Trinkwasseranalysen jedoch nicht erwähnt.

Folgende Zusammenstellung stammt aus den öffentlich zugänglichen Angaben zur Trinkwasseranalyse:

Angaben zu allen drei Parameter werden in Baden-Württemberg, im Rems-Murr-Kreis [103] gemacht. In Bayern veröffentlichen acht Landkreise Angaben zu den drei Parametern: Aschaffenburg [104], Augsburg [105], Bayreuth [106], Berchtesgadener Land [107], Erlangen-Höchststadt [108], Freising [109], Neuburg-Schrobenhausen [110] und Pfaffenhofen a. d. Ilm [111].

Angaben zu Vinylchlorid werden in Baden-Württemberg im Landkreis Heidenheim [112] und in Bayern in dreizehn Landkreisen gemacht: Amberg-Sulzbach [113], Cham [114], Donau-Ries [115], Erding [116], Fürstenfeldbruck [117], Hof [118], Lichtenfels [119], Stadt Memmingen [120], Neustadt a. d. Waldnaab [121], Straubing-Bogen [122], Traunstein [123], Weilheim-Schongau [124] und Würzburg [125].

Werte für Acrylamid und Vinylchlorid werden in Baden-Württemberg im Landkreis Ludwigsburg [126] und Schwäbisch-Gmünd (Trinkwasseranalyse der Landeswasserversorgung) [127] veröffentlicht. In diesen Landkreisen wird Epichlorhydrin nicht analysiert.

Drei baden-württembergische (Karlsruhe [128], Esslingen [129], Alb-Donau-Kreis [130]) und ein bayerischer Landkreis (Coburg) [131] geben explizit an, dass eine Analyse der drei Parameter nicht erforderlich ist. In Karlsruhe wird Epichlorhydrin rechnerisch ermittelt, Vinylchlorid muss nicht in Betrachtung gezogen werden, da keine PVC-Rohre in der Trinkwasserinstallation verbaut wurden und Acrylamid wird ebenfalls nicht analysiert, da keine polyacrylamidhaltigen Flockungshilfsstoffe verwendet wurden [128]. In Coburg werden die Werte anhand der Produktspezifikationen berechnet [131].

Im Landkreis Oberallgäu werden Vinylchlorid und Epichlorhydrin nur untersucht, wenn entsprechende Materialien vorhanden sind. Acrylamid wird nicht untersucht, da im Landkreis keinerlei Flockung stattfindet [132].

Alle berechneten oder analysierten Werte der drei produktspezifischen Parameter liegen in den veröffentlichten Trinkwasseranalysen der einzelnen Stadtwerke unter dem von der deutschen Trinkwasserverordnung vorgegebenen Grenzwert.

**Frage 1.2:** *Welches Probenahmeverfahren wird bei der Analyse dieser drei Parameter im Trinkwasser durchgeführt (an der Entnahmestelle, an der das Wasser zum Verzehr entnommen wird)?*

Die Probenahmeverfahren unterscheiden sich in Bayern. BY1 führt eine gestaffelte Stagnationsbeprobung durch, das heißt eine Probennahme nach Ablauflassen des Trinkwassers und Stagnation. BY4 entnimmt eine größere Anzahl an Zufallsstichproben. Die anderen Landkreise machten hierzu keine Angaben. In Baden-Württemberg gibt es auch landkreisabhängige Unterschiede: BW1 entnimmt eine einfache Zufallsstichprobe, BW7 mehrere Zufallsstichproben. BW11 strebt eine Probenentnahme nach Abfließen ohne Stagnation an. Die Antwort des BW10 sowie die Sammelantwort BW17 schließen beide Methoden der Beprobung aus, da die Probenentnahme in der Regel nicht am Zapfhahn erfolgt. Die genannten Parameter verändern sich in der Regel in den Trinkwasserinstallationen nicht.

In Österreich nimmt AT3 eine größere Anzahl an Zufallsstichproben, wohingegen AT4 und AT5 die gestaffelte Stagnationsbeprobung vorziehen. AT6 machte hierzu keine Angabe.

In der Schweiz erfolgt die Probennahme nach Angabe von CH3, über eine größere Anzahl an Zufallsstichproben.

**Frage 1.3:** *Wird Rohwasser auch auf diese drei produktspezifischen Parameter untersucht?*

Rohwasser wird in BY1 auf die drei Parameter untersucht. BY4 schließt die Untersuchung eindeutig aus. Alle anderen Landkreise machen hierzu keine Angaben.

Baden-Württemberg untersucht - mit Ausnahme von BW7 - das Rohwasser auf diese produktspezifischen Parameter nicht.

AT3 sowie AT4 untersuchen bei Neuerschließung eines Brunnens das Rohwasser. Auch AT6 untersucht das Rohwasser, allerdings erst nach UV-Bestrahlung.

In der Schweiz wird nach Angabe von CH3 und CH2, das Rohwasser auf den Parameter „Vinylchlorid“ untersucht.

***Frage 1.4: Wer führt die Untersuchungen durch?***

Die einzelnen Untersuchungen werden laut Beantwortung der Umfrage von BY1 und BY4 für die Unternehmer vom zulässigen Labor durchgeführt.

In Baden-Württemberg hingegen gibt es unterschiedliche Angaben: In BW1 und BW2 übernimmt das zuständige Gesundheitsamt die Untersuchungen. In BW7 und BW9 übernimmt diese Aufgabe ein dafür zugelassenes Labor für den Unternehmer. In BW10, BW11 und BW14 wird die Beprobung von beiden übernommen. Das wird auch in der Sammelantwort BW17 deutlich.

In Österreich übernimmt das zugelassene Labor diese Aufgaben.

In der Schweiz, in CH2, führt, in Abhängigkeit von der Gefahrenanalyse, das zugelassene Labor oder das Gesundheitsamt diese Untersuchung durch.

Die Häufigkeiten der Untersuchungen, wenn nicht anders angegeben, richten sich nach der Trinkwasserverordnung

***Frage 1.5: Gibt es in Ihrem Landkreis Grenzwertüberschreitungen bei diesen drei Parametern?***

In keinem der Landkreise, bzw. der Bundesländer und Kantone kam es zu Grenzwertüberschreitungen in den letzten Jahren. Ausnahme ist AT4, hier gab es Grenzwertüberschreitungen.

CH1 kann zu keinen Punkten Angaben machen, da keine entsprechenden Untersuchungen durchgeführt werden.

**Tabelle 11:** Ergebnisse der Umfrage zu „Epichlorhydrin, Vinylchlorid, Acrylamid“; SA: Sammelantwort BW17; k. A.: keine Angabe

| Landkreise bzw.<br>Bundesländer bzw.<br>Kantone | Frage 1.1              |         | Frage 1.2               |                                      | Frage 1.3 |       | Frage 1.4 |       |
|-------------------------------------------------|------------------------|---------|-------------------------|--------------------------------------|-----------|-------|-----------|-------|
|                                                 | Wert wird<br>berechnet | Analyse | Zufalls-<br>stichproben | gestaffelte<br>Stagnations-<br>probe | Ja        | Nein  | Labor     | Amt   |
| <b>Bayern</b>                                   |                        |         |                         |                                      |           |       |           |       |
| BY1                                             |                        | X       |                         | X                                    | X         |       | X         |       |
| BY2                                             | X                      |         | k. A.                   | k. A.                                | k. A.     | k. A. | k. A.     | k. A. |
| BY3                                             | k. A.                  | k. A.   | k. A.                   | k. A.                                | k. A.     | k. A. | k. A.     | k. A. |
| BY4                                             | X                      |         | X                       |                                      |           | X     | X         |       |
| BY5                                             | X                      |         | k. A.                   | k. A.                                | k. A.     | k. A. | k. A.     | k. A. |

**Fortsetzung Tabelle 11:** Ergebnisse der Umfrage zu „Epichlorhydrin, Vinylchlorid, Acrylamid“

| Baden-Württemberg |    |    |          |       |    |    |                  |                  |
|-------------------|----|----|----------|-------|----|----|------------------|------------------|
| BW1               |    | X  | einfache |       | X  |    |                  | X <sup>(1)</sup> |
| BW2               |    | X  | k. A.    | k. A. |    | X  |                  | X                |
| BW3               | SA | SA | SA       | SA    | SA | SA | SA               | SA               |
| BW4               | SA | SA | SA       | SA    | SA | SA | SA               | SA               |
| BW5               | SA | SA | SA       | SA    | SA | SA | SA               | SA               |
| BW6               | SA | SA | SA       | SA    | SA | SA | SA               | SA               |
| BW7               |    | X  | X        |       | X  |    | X <sup>(2)</sup> |                  |

**Fortsetzung Tabelle 11:** Ergebnisse der Umfrage zu „Epichlorhydrin, Vinylchlorid, Acrylamid“

|      |    |    |                                              |       |    |    |    |    |
|------|----|----|----------------------------------------------|-------|----|----|----|----|
| BW8  | SA | SA | SA                                           | SA    | SA | SA | SA | SA |
| BW9  |    | X  | k. A.                                        | k. A. |    | X  | X  |    |
| BW10 |    | X  | Weder noch; <sup>(3)</sup>                   |       |    | X  | X  | X  |
| BW11 |    | X  | Probennahme nach<br>Ablaufen ohne Stagnation |       |    | X  | X  | X  |
| BW12 | SA | SA | SA                                           | SA    | SA | SA | SA | SA |
| BW13 | SA | SA | SA                                           | SA    | SA | SA | SA | SA |
| BW14 |    | X  | k. A.                                        | k. A. |    | X  | X  | X  |
| BW15 |    | X  | Probennahme nach<br>Ablaufen der Stagnation  |       | SA | SA | SA | SA |

**Fortsetzung Tabelle 11:** Ergebnisse der Umfrage zu „Epichlorhydrin, Vinylchlorid, Acrylamid“

|            |       |       |                           |       |                  |       |       |       |
|------------|-------|-------|---------------------------|-------|------------------|-------|-------|-------|
| BW17       |       | X     | Weder noch <sup>(4)</sup> |       |                  | X     | X     | X     |
| Österreich |       |       |                           |       |                  |       |       |       |
| AT1        | k. A. | k. A. | k. A.                     | k. A. | k. A.            | k. A. | k. A. | k. A. |
| AT2        | k. A. | k. A. | k. A.                     | k. A. | k. A.            | k. A. | k. A. | k. A. |
| AT3        | X     | X     | X                         |       | X                |       | X     |       |
| AT4        |       | X     |                           | X     | X <sup>(5)</sup> |       | X     |       |
| AT5        |       | X     |                           | X     | k. A.            | k. A. | X     |       |
| AT6        |       | X     | k. A.                     | k. A. | X <sup>(6)</sup> |       | k. A. | k. A. |



**Fortsetzung Tabelle 11:** Ergebnisse der Umfrage zu „Epichlorhydrin, Vinylchlorid, Acrylamid“

| Schweiz |                                                                     |       |       |       |   |  |   |   |
|---------|---------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|---|--|---|---|
| CH1     | Keine Angaben, da die Untersuchungen dort nicht durchgeführt werden |       |       |       |   |  |   |   |
| CH2     | k. A.                                                               | k. A. | k. A. | k. A. | X |  | X | X |
| CH3     |                                                                     | X     | X     |       | X |  | X |   |

Erläuterungen zu Tabelle 11:

<sup>(1)</sup> 1 x pro 3 Jahre<sup>(2)</sup> 1 x pro Jahr<sup>(3)</sup> Beprobung erfolgt hierfür in der Regel nicht am Zapfhahn; Acrylamid ist unveränderlicher Parameter<sup>(4)</sup> i. d. R. nicht am Zapfhahn, da sich die Parameter in den Trinkwasser-installationen nicht verändern<sup>(5)</sup> nur bei Neuerschließung eines Brunnens<sup>(6)</sup> nach UV-Bestrahlung

## 4.2 Radioaktivität

### *Frage 2.1: Auf welche ionisierende Strahlung wird untersucht?*

Zwei der fünf bayerischen Landkreise, die an der Umfrage teilnahmen, machten Angaben auf welche ionisierende Strahlung sie untersuchen: BY5 untersucht das Trinkwasser auf  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung; der Landkreis BY2 untersucht ebenfalls das Trinkwasser, jedoch nur auf  $\alpha$ -Strahlung.

In Baden-Württemberg wird in den Landkreisen BW1 und BW10 das Trinkwasser auf  $\alpha$ -Strahlung untersucht, in BW11 zusätzlich auf  $\beta$ -Strahlung. Diese Untersuchungsweise des Trinkwassers auf  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlung wird auch in der Sammelantwort BW17 angegeben. In BW2 und in BW14 wird zusätzlich zum Trinkwasser auch das Rohwasser auf  $\alpha$ -Strahlung untersucht. BW7 untersucht das Rohwasser auf alle drei angegebenen radioaktiven Strahlungen.

AT2 untersucht das Trinkwasser, AT4 hingegen das Rohwasser auf  $\alpha$ -,  $\beta$ -, und  $\gamma$ - Strahlung.

### *Frage 2.2: Auf welche radioaktiven Stoffe wird das Roh- und Trinkwasser untersucht?*

Drei der fünf bayerischen Landkreise, die an der Umfrage teilnahmen, machten Angaben, auf welche radioaktiven Stoffe sie jeweils das Trinkwasser untersuchen. BY2 analysiert das Trinkwasser auf die Radionuklide natürlichen Ursprungs. Diese sind in der Tabelle mit Referenz-Aktivitätskonzentrationen für radioaktive Stoffe im Trinkwasser, in Anlage 3a, Teil II der Trinkwasserverordnung zu finden. Hinzu kommt Radon-222. Der Landkreis BY4 untersucht auf Blei-210 (Pb-210), Radon-222 (Rn-222) und die zwei Radium-Isotope (Ra-226, Ra-228). BY5 prüft das Trinkwasser auf Radon-222, Tritium sowie alle radioaktiven Stoffe – Radionuklide natürlichen und künstlichen Ursprungs – der Tabelle, die in Anlage 3a, Teil II der Trinkwasserverordnung zu finden ist. Das Rohwasser wird auf diese Stoffe nicht untersucht.

In Baden-Württemberg wird in bestimmten Gebieten das Trink- und Rohwasser auf radioaktive Stoffe untersucht, wie in BW2 auf Radon-222. In BW7 wird das Rohwasser auf verschiedene radioaktive Stoffe geprüft. Dazu gehören

Radionuklide natürlichen Ursprungs: das Tritium, Blei-210, Polonium-210, Radon-222, Radium-226, Radium-228, Uran-238, Uran-234 sowie Cäsium-134, ein Radionuklid künstlichen Ursprungs. Der Landkreis BW1 untersucht das Trinkwasser auf Uran-234. BW15 verweist auf die Analyse auf Radon-222. BW10, BW11 und die Sammelantwort BW17 geben alle Radionuklide natürlichen Ursprungs, die in der Tabelle im Anhang 3a Teil II angegeben sind, zur Untersuchung an.

In Österreich wird ebenfalls Roh- und Trinkwasser überprüft. In AT3 werden beide Wasserarten auf die natürlich vorkommenden Radionuklide Tritium, Blei-210, Polonium-210, Radon-222, Radium-226 und Radium-228 untersucht. AT4 analysiert das Rohwasser auf Tritium und die Steiermark das Trinkwasser auf Tritium, Blei-210, Polonium-210, Radium-226 und Radium-228. In AT4 werden Radionuklide künstlichen Ursprungs nur untersucht, wenn es einen Hinweis auf relevante Konzentrationen gibt. AT5 kontrolliert nur das Trinkwasser auf folgende Stoffe: Tritium, Blei-210, Polonium-210, Radon-222, Radium-226 und Radium-228.

Die Werte für Radioaktivität sind teilweise in den Trinkwasseranalysen der Stadtwerke im Internet veröffentlicht. In den vier baden-württembergischen Kreisen Alb-Donau-Kreis [130], Schwäbisch-Gmünd [127], Rems-Murr-Kreis [103] und der Landeshauptstadt Stuttgart [133] wird im Trinkwasser zusätzlich zu Radon-222 die Richtdosis ermittelt. In den Landkreisen Esslingen [129] und Ludwigsburg [126] wird zusätzlich zu Radon-222 und der Richtdosis noch die Gesamtalphakonzentration bestimmt. Der Kreis Karlsruhe weist auf die Erstuntersuchung, welche die Werte von Radon-222 und die Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentration beinhalten, hin. Entsprechend der Bewertung des Gesundheitsamtes sind demnach keine weiteren Untersuchungen erforderlich [128].

***Frage 2.3:*** *Welches Verfahren wird für die Erstuntersuchung im Hinblick auf die Richtdosis durch natürliche Radionuklide angewendet?*

Die Erstuntersuchung im Landkreis BY2 im Hinblick auf die Richtdosis durch natürliche Radionuklide wird entweder durch ein Screeningverfahren, bei dem die

Gesamt- $\alpha$ -Aktivitätskonzentration bestimmt wird oder durch eine Einzelnuklidbestimmung durchgeführt. Im Landkreis BY4 wird das Screeningverfahren angewendet, wohingegen in BY5 eine Einzelnuklidbestimmung erfolgt.

In Baden-Württemberg werden ebenfalls beide Verfahren angewendet: in BW1 sowie in BW10. Die Einzelnuklidbestimmung findet hier aber nur zur Absicherung, das heißt zum Nachweis der Einhaltung der Richtdosis, nach dem Screeningverfahren - wenn der Prüfwert überschritten ist - statt. Das ist auch in der Sammelantwort BW17 vermerkt. Eine Überschreitung kommt häufig vor, wenn das Trinkwasser Uran, das aber in Bezug auf die Radioaktivitätsparameter wenig relevant ist, enthält. In den anderen, an der Umfrage teilgenommenen baden-württembergischen Landkreisen – BW2, BW7, BW9, BW11, BW14, BW15 – wird das Screeningverfahren angewendet. In Österreich wird dieses ebenfalls in AT4 angewendet. In AT2, AT3 und AT5 kommt die Einzelnuklidbestimmung zur Anwendung.

***Frage 2.4: Wer führt diese Untersuchungen durch?***

Die Untersuchungen wurden in allen genannten Landkreisen bzw. Bundesländern von einem zugelassenen Labor für den Unternehmer eines Wasserwerks durchgeführt.

***Frage 2.5: Gibt es in Ihrem Landkreis eine Abweichung der Richtdosis (0,1mSv/a)?***

Außer in AT4 mit 0,25 mSv/a, gab es in keinem Bundesland oder Kreis eine Abweichung von der Richtdosis.

***Frage 2.6: Wie oft werden die Untersuchungen durchgeführt?***

Bei dieser Fragestellung verwiesen alle teilnehmenden Gesundheitsämter auf die Trinkwasserverordnung. AT4 gab an, dass eine Untersuchung nur einmalig durchgeführt wird, z. B. bei Erschließung eines neuen Brunnens.

In CH2 wurden in den letzten 10 Jahren keine Radioaktivitätsmessungen im Trinkwasser durchgeführt. Grund hierfür ist, dass das Risiko von Höchstwertüberschreitungen auf Basis von Umweltmonitoring-Daten als gering eingeschätzt wird.

**Tabelle 12:** Ergebnisse der Umfrage zu „Radioaktivität“; SA: Sammelantwort BW17; k. A.: keine Angabe

| Landkreise bzw.<br>Bundesländer bzw.<br>Kantone | Frage 2.1 |             | Frage 2.2 |                                                                        | Frage 2.3 |              | Frage 2.4 |       |
|-------------------------------------------------|-----------|-------------|-----------|------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|-----------|-------|
|                                                 | Rohwasser | Trinkwasser | Rohwasser | Trinkwasser                                                            | Screening | Einzelnuclid | Labor     | Amt   |
| <b>Bayern</b>                                   |           |             |           |                                                                        |           |              |           |       |
| BY1                                             | k. A.     | k. A.       | k. A.     | k. A.                                                                  | k. A.     | k. A.        | k. A.     | k. A. |
| BY2                                             | -         | $\alpha$    | -         | Pb-210,<br>Po-210,<br>Rn-222,<br>Ra-226,<br>Ra-228,<br>U-234,<br>U-238 | X         | X            | X         |       |
| BY3                                             | k. A.     | k. A.       | k. A.     | k. A.                                                                  | k. A.     | k. A.        | k. A.     | k. A. |

**Fortsetzung Tabelle 12:** Ergebnisse der Umfrage zu „Radioaktivität“

|     |   |                         |   |                                                                                                                                                                              |   |   |   |  |
|-----|---|-------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|--|
| BY4 | - | -                       | - | Pb-210,<br>Rn-222,<br>Ra-226,<br>Ra-228                                                                                                                                      | X |   | X |  |
| BY5 | - | $\alpha, \beta, \gamma$ | - | Tritium,<br>Pb-210,<br>Po-210,<br>Rn-222,<br>Ra-226,<br>Ra-228,<br>U-234,<br>U-238,<br>C-14,<br>Co-60,<br>Sr-90,<br>I-131,<br>Cs-134,<br>Cs-137,<br>Pu-239/Pu-240,<br>Am-241 |   | X | X |  |

**Fortsetzung Tabelle 12:** Ergebnisse der Umfrage zu „Radioaktivität“

| Baden-Württemberg |          |          |        |        |    |    |    |    |
|-------------------|----------|----------|--------|--------|----|----|----|----|
| BW1               | -        | $\alpha$ | -      | U-234  | X  | X  | X  |    |
| BW2               | $\alpha$ | $\alpha$ | Rn-222 | Rn-222 | X  |    | X  |    |
| BW3               | SA       | SA       | SA     | SA     | SA | SA | SA | SA |
| BW4               | SA       | SA       | SA     | SA     | SA | SA | SA | SA |
| BW5               | SA       | SA       | SA     | SA     | SA | SA | SA | SA |
| BW6               | SA       | SA       | SA     | SA     | SA | SA | SA | SA |



Fortsetzung Tabelle 12: Ergebnisse der Umfrage zu „Radioaktivität“

|      |                         |          |                                                                                               |                                                                        |    |    |    |    |
|------|-------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|
| BW7  | $\alpha, \beta, \gamma$ | -        | Tritium,<br>Pb-210,<br>Po-210,<br>Rn-222,<br>Ra-226,<br>Ra-228,<br>U-234,<br>U-238,<br>Cs-134 |                                                                        | X  |    | X  |    |
| BW8  | SA                      | SA       | SA                                                                                            | SA                                                                     | SA | SA | SA | SA |
| BW9  | k. A.                   | k. A.    | k. A.                                                                                         | k. A.                                                                  | X  |    | X  |    |
| BW10 | -                       | $\alpha$ | -                                                                                             | Pb-210,<br>Po-210,<br>Rn-222,<br>Ra-226,<br>Ra-228,<br>U-234,<br>U-238 | X  | X* | X  |    |

**Fortsetzung Tabelle 12:** Ergebnisse der Umfrage zu „Radioaktivität“

|      |          |                 |       |                                                                        |    |    |    |    |
|------|----------|-----------------|-------|------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|
| BW11 | -        | $\alpha, \beta$ | -     | Pb-210,<br>Po-210,<br>Rn-222,<br>Ra-226,<br>Ra-228,<br>U-234,<br>U-238 | X  |    | X  |    |
| BW12 | SA       | SA              | SA    | SA                                                                     | SA | SA | SA | SA |
| BW13 | SA       | SA              | SA    | SA                                                                     | SA | SA | SA | SA |
| BW14 | $\alpha$ | $\alpha$        | k. A. | k. A.                                                                  | X  |    | X  |    |
| BW15 |          | $\alpha$        |       | Rn-222                                                                 | X  |    | X  |    |

**Fortsetzung Tabelle 12:** Ergebnisse der Umfrage zu „Radioaktivität“

|                   |       |                         |       |                                                                        |       |       |       |       |
|-------------------|-------|-------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| BW17              | -     | $\alpha, \beta$         | -     | Pb-210,<br>Po-210,<br>Rn-222,<br>Rn-226,<br>Rn-228,<br>U-234,<br>U-238 | X     | X*    | X     |       |
| <b>Österreich</b> |       |                         |       |                                                                        |       |       |       |       |
| AT1               | k. A. | k. A.                   | k. A. | k. A.                                                                  | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. |
| AT2               | -     | $\alpha, \beta, \gamma$ | -     | Tritium,<br>Pb-210,<br>Po-210,<br>Ra-226,<br>Ra-228                    |       | X     | X     |       |

**Fortsetzung Tabelle 12:** Ergebnisse der Umfrage zu „Radioaktivität“

|     |                                                                                                                            |       |                                                                |                                                                |   |   |   |  |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---|---|---|--|
| AT3 | -                                                                                                                          | -     | Tritium,<br>Pb-210,<br>Po-210,<br>Rn-222,<br>Ra-226,<br>Ra-228 | Tritium,<br>Pb-210,<br>Po-210,<br>Rn-222,<br>Ra-226,<br>Ra-228 |   | X | X |  |
| AT4 | $\alpha, \beta, \gamma$                                                                                                    | -     | Tritium                                                        | -                                                              | X |   | X |  |
| AT5 | k. A.                                                                                                                      | k. A. | -                                                              | Tritium,<br>Pb-210,<br>Po-210,<br>Rn-222,<br>Ra-226,<br>Ra-228 |   | X | X |  |
| AT6 | Indikatorparameter, Tritium und die Gesamtrichtdosis müssen 1-malig nach Fertigstellung des Wasserspenders gemessen werden |       |                                                                |                                                                |   |   |   |  |

**Fortsetzung Tabelle 12:** Ergebnisse der Umfrage zu „Radioaktivität“

| Schweiz |                                                                     |       |       |       |       |       |       |       |
|---------|---------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CH1     | Keine Angaben, da die Untersuchungen dort nicht durchgeführt werden |       |       |       |       |       |       |       |
| CH2     | k. A.                                                               | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. |
| CH3     | k. A.                                                               | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. |

Erläuterung zu Tabelle 12:

\* ggf. zur Absicherung, das heißt zum Nachweis der Einhaltung der Richtdosis, nach Screeningverfahren

### 4.3 Pflanzenschutzmittel

*Frage 3.1: Welches Wasser wird in Ihrem Landkreis auf Pflanzenschutzmittel untersucht?*

In Bayern erfolgt die Untersuchung auf Pflanzenschutzmittel in BY2, BY5 und BY4 über das Trinkwasser, in BY1 über das Rohwasser. Im Landkreis BY4 werden beide Wasserarten untersucht. Hier werden Untersuchungen des Rohwassers im Rahmen der Eigenüberwachung vom Wasserwirtschaftsamt gefordert.

In Baden-Württemberg werden beide Wasserarten im Landkreis BW1, BW10, BW11 sowie in BW14 analysiert. Dies ist auch in der Sammelantwort BW17 vermerkt. Im Landkreis BW11 wird das Rohwasser gemäß der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO), einer Kooperationsvereinbarung der kommunalen Landesverbände und der Wasserverbände mit dem Land Baden-Württemberg, geprüft. In BW9, BW7 und BW2 wird nur das Trinkwasser untersucht.

In Österreich wird in AT2 nur das Trinkwasser auf Pflanzenschutzmittel kontrolliert. In AT3 und AT4 werden beide Wasserarten beprobt. In AT4 wird das Rohwasser, allerdings nur bei Neuerschließung, z. B. eines Brunnens, untersucht.

In CH1 wird das Roh- und das Trinkwasser auf Pflanzenschutzmittel untersucht. Da CH3 nur über wenig Ackerfläche verfügt, werden Pflanzenschutzmittel nur bei begründetem Verdacht in Einzelproben überprüft.

*Frage 3.2: Wie wird die Einhaltung der Anforderungen der Grenzwerte für Pflanzenschutzmittel gemäß der „Trinkwasserverordnung“ (TrinkwV) sichergestellt?*

Die Einhaltung der Anforderungen der Grenzwerte der Pflanzenschutzmittel werden in Bayern unterschiedlich sichergestellt. In BY1 und BY4 ist die Pflanzenschutzmittel-Liste (PSM-Liste) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt, LfU-Bayern, Vorlage zum Umfang der Untersuchungen. Im Landkreis BY2 erfolgt die Kontrolle entsprechend der Anbaukulturen im Wassereinzugsgebiet und der dabei eingesetzten Mittel. BY5 gibt verschiedene Pflanzenschutzmittel zur Analyse (siehe Tabelle 13 Ergebnisse des Themenbereiches „Pflanzenschutzmittel“ der

Umfrage) an und gibt zusätzlich weitere Untersuchungen gemäß des PSM-Konzeptes des LfU-Bayern an.

Die Landkreise BW1, BW7, BW9, BW11 sowie BW14 gaben verschiedene Pflanzenschutzmittel zur Untersuchung an (siehe Tabelle 13). BW11 verwies nochmals auf die SchALVO. In der Sammelantwort BW17 wurden auch verschiedene Pflanzenschutzmittel angekreuzt (siehe Tabelle 13) und hierbei auch nochmal eine eventuelle Einschränkung, je nach Untersuchungsrelevanz, betont. Die zu prüfenden Wirkstoffe sind im Standard-Untersuchungsumfang von amtlicher Untersuchung und Eigenkontrolle enthalten. Eine Einschränkung der zu überprüfenden Wirkstoffe wird auch in BW2 vorgenommen. Hierbei handelt es sich dann um stichprobenartige Untersuchungen auf infrage kommende Mittel. In diesem Landkreis besteht eine Empfehlung auf eine jährliche Untersuchung auf N,N-Dimethylsulfamid, ein Metabolit von verwendeten Fungiziden.

In AT4 und in AT5 werden unterschiedliche Pflanzenschutzmittel (siehe Tabelle 13) untersucht und es wird nochmals, wie auch in AT2 und in AT3 auf die österreichische Trinkwasserverordnung sowie das Codex-Kapitel B1 des österreichischen Lebensmittelbuches verwiesen. AT6 notiert zusätzlich die Analyse auf drei Dimethachlor-Metabolite.

In der Schweiz, in CH1, wurde auf das Programm „NAQUA SPEZ“ des Bundesamtes für Umwelt hingewiesen. CH2 unterscheidet zwischen stichprobenartigen Untersuchungen, die insbesondere die Analyse von drei Chlorothalonil-Metaboliten berücksichtigt, und regelmäßige Kontrollen auf verschiedene Pestizide (siehe Tabelle 13).

***Frage 3.3: Was wird bei der Ermittlung des Wertes für Pflanzenschutzmittel berücksichtigt?***

Bei der Ermittlung des Wertes für Pflanzenschutzmittel werden allgemein in Bayern, mit Ausnahme von BY1, die Summe der Pflanzenschutzmittel und die einzelnen Pflanzenschutzmittelwirkstoffe berücksichtigt. Im Landkreis BY1 werden nur die einzelnen Pflanzenschutzmittelwirkstoffe betrachtet.

In Baden-Württemberg wird in der Regel auch beides berücksichtigt. Ausnahme ist BW2: hier werden nur die einzelnen Wirkstoffe analysiert. Ausnahmen sind auch BW7 und BW9, bei denen nur die Summe berücksichtigt wird.

In Österreich werden die Summe und die einzelnen Pflanzenschutzmittel ermittelt, Ausnahme ist hier AT5, in dem nur die Summe betrachtet wird.

CH1 beruft sich auf die Summe der Pflanzenschutzmittel. In CH2 werden zusätzlich zur Summe noch die einzelnen Pflanzenschutzmittel untersucht.

Die von den Stadtwerken im Internet veröffentlichten Trinkwasseranalysen beinhalten auch Analysenwerte für Pflanzenschutzmittel. Zum einen werden verschiedene Pflanzenschutzmittel-Werte einzeln bestimmt, zum anderen wird nur die Summe der einzelnen Pflanzenschutzmittel berücksichtigt. In einigen Landkreisen wird auch beides betrachtet: Einzelwerte und die Summe. In den folgenden baden-württembergischen Landkreisen werden einzelne Pflanzenschutzmittel-Werte berücksichtigt: Biberach [134], Enzkreis [135], Rottweil [136], Schwarzwald-Barr-Kreis [137] und Tübingen [138]. In den folgenden bayerischen Landkreisen werden nur Angaben zu den einzelnen Pflanzenschutzmittel-Werte gegeben: Amberg-Sulzbach [113], Bad Tölz-Wolfratshausen [139] und Coburg [131].

Im baden-württembergischen Landkreis Göppingen [140] werden nur die Summe der Pflanzenschutzmittel sowie ein Herbizid, das Atrazin, veröffentlicht. Ausschließlich die Summe der Pflanzenschutzmittel wird auch in folgenden bayerischen Trinkwasseranalysen der Kreise berücksichtigt: Erlangen-Höchststadt [108], Mühldorf a. Inn [141], Neu-Ulm [142] und Stadt Nürnberg [143].

In einem Großteil der Landkreise werden jedoch Angaben für die einzelnen Pflanzenschutzmittel zusätzlich zur Summe gemacht. In Baden-Württemberg sind dies die Landkreise Alb-Donau Kreis [130], Breisgau-Hochschwarzwald [144], Esslingen [129], Heidenheim [112], Bruchsal [145], Konstanz [146], Ludwigsburg [126], Mannheim [147], Ortenaukreis [148], Schwäbisch Gmünd [127], Rastatt [149], Rems-Murr-Kreis [103], Sigmaringen [150], Waldshut-Tiengen [151] und die Landeshauptstadt Stuttgart [133]. In Bayern sind es folgende Kreise: Dingolfing-Landau [152], Donau-Ries [115], Ebersberg [153], Erding [116], Freising [154], Hof [118], Stadt Memmingen [120], Miltenberg [155],



Landeshauptstadt München [156], Lichtenfels [119], Neustadt a. d. Waldnaab [121], Oberallgäu [132], Pfaffenhofen a. d. Ilm [111], Straubing-Bogen [122], Traunstein [123], Unterallgäu [157], Weilheim-Schongau [124].

***Frage 3.4: Wer führt diese Untersuchungen durch?***

In der Regel führt ein zugelassenes Labor die Untersuchungen durch. In einigen Ausnahmefällen (BW11, BW14, BW17) werden sie auch durch das Gesundheitsamt vorgenommen. Auch in der Schweiz werden die Untersuchungen entweder durch ein zugelassenes Labor oder das Gesundheitsamt vorgenommen

***Frage 3.5: Wie oft werden die Untersuchungen durchgeführt?***

Die Landkreise verwiesen hierbei auf die jeweils geltenden Trinkwasserverordnungen. Die Ausnahme bildet hierbei CH1 mit drei Untersuchungen pro Jahr. Auch in CH2 werden die Untersuchungen häufiger durchgeführt: je nach Risikoanalyse, meist ein- bis zweimal jährlich. Die Frequenz wird je nach Fassungsvermögen eigens festgelegt.

***Frage 3.6: Gab es Grenzwertüberschreitungen in den letzten Jahren?***

In Bayern gab es in den letzten Jahren in BY2 eine Grenzwert-Überschreitung. In Baden-Württemberg in BW11. In Österreich wurden Überschreitungen registriert in AT2, AT3 und in AT4. In der Schweiz gab es in den letzten Jahren eine Grenzwertüberschreitung in CH1 und CH2. In der baden-württembergischen Sammelantwort BW17 wurde darauf hingewiesen, dass es in der Regel keine Grenzwertüberschreitungen gab. Es gab jedoch Abweichungen bei gesundheitlichen Orientierungswerten für nicht relevante Metabolite (die nicht mehr als Pflanzenschutzmittel wirken).

**Tabelle 13:** Ergebnisse der Umfrage zu „Pflanzenschutzmittel“; SA: Sammelantwort BW17; k. A.: keine Angabe; PSM-Liste: Pflanzenschutzmittelliste; US: Untersuchung

| Landkreise bzw.<br>Bundesländer bzw.<br>Kantone | Frage 3.1 |             | Frage 3.2                                                                                   | Frage 3.3 |                     | Frage 3.6 |       |
|-------------------------------------------------|-----------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------|-----------|-------|
|                                                 | Rohwasser | Trinkwasser | Einhaltung der Anforderungen                                                                | Summe     | Einzelne Wirkstoffe | Ja        | Nein  |
| <b>Bayern</b>                                   |           |             |                                                                                             |           |                     |           |       |
| BY1                                             | X         |             | PSM-Liste des LfU-Bayern                                                                    |           | X                   |           | X     |
| BY2                                             |           | X           | Entsprechend den<br>Anbaukulturen im<br>Wassereinzugsgebiet und den<br>eingesetzten Mitteln | X         | X                   | X         |       |
| BY3                                             | k. A.     | k. A.       | k. A.                                                                                       | k. A.     | k. A.               | k. A.     | k. A. |

**Fortsetzung Tabelle 13:** Ergebnisse der Umfrage zu „Pflanzenschutzmittel“

|                          |                  |   |                                                                                                                                                                          |   |   |  |   |
|--------------------------|------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|--|---|
| BY4                      | X <sup>(1)</sup> | X | PSM-Liste des LfU-Bayern                                                                                                                                                 | X | X |  | X |
| BY5                      |                  | X | Atrazin, Desethylatrazin,<br>Simazin, Terbutylazin,<br>Desethylterbutylazin,<br>Isoproturon, Diuron, Aldrin,<br>Heptachlor, Dichlorprop und<br>weitere gemäß PSM-Konzept | X | X |  | X |
| <b>Baden-Württemberg</b> |                  |   |                                                                                                                                                                          |   |   |  |   |
| BW1                      | X                | X | Atrazin, Desethylatrazin,<br>Desisopropylatrazin, Simazin,<br>Terbutylazin,<br>Desethylterbutylazin,<br>Metazachlor, Bentazon                                            | X | X |  | X |
| BW2                      |                  | X | Stichprobenartige<br>Untersuchungen auf infrage<br>kommende Mittel <sup>(2)</sup>                                                                                        |   | X |  | X |

**Fortsetzung Tabelle 13:** Ergebnisse der Umfrage zu „Pflanzenschutzmittel“

|     |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                              |    |    |    |    |
|-----|----|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|
| BW3 | SA | SA | SA                                                                                                                                                                                                                                                           | SA | SA | SA | SA |
| BW4 | SA | SA | SA                                                                                                                                                                                                                                                           | SA | SA | SA | SA |
| BW5 | SA | SA | SA                                                                                                                                                                                                                                                           | SA | SA | SA | SA |
| BW6 | SA | SA | SA                                                                                                                                                                                                                                                           | SA | SA | SA | SA |
| BW7 |    | X  | Atrazin, Desethylatrazin,<br>Desisopropylatrazin, Simazin,<br>Terbutylazin,<br>Desethylterbutylazin,<br>Isoproturon, Metazachlor,<br>Dichlobenil,<br>2.6-Dichlorbenzamid,<br>Bentazon, Diuron, Aldrin<br>Dieldrin Heptachlor<br>Heptachlorepoxyd Dichlorprop | X  |    |    | X  |

**Fortsetzung Tabelle 13:** Ergebnisse der Umfrage zu „Pflanzenschutzmittel“

| BW8  | SA | SA | SA                                                                                                                                                                                              | SA | SA | SA | SA |
|------|----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|
| BW9  |    | X  | Atrazin, Desisopropylatrazin,<br>Simazin, Terbutylazin,<br>Desethylterbutylazin,<br>Isoproturon, Metazachlor,<br>2.6-Dichlorbenzamid, Diuron,<br>Aldrin Dieldrin Heptachlor<br>Heptachlorepoxyd | X  |    |    | X  |
| BW10 | X  | X  | Verweis auf TrinkwV                                                                                                                                                                             | X  | X  |    | X  |

**Fortsetzung Tabelle 13:** Ergebnisse der Umfrage zu „Pflanzenschutzmittel“

|      |    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |    |    |
|------|----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|
| BW11 | X  | X  | <p>Atrazin, Desethylatrazin,<br/>Desisopropylatrazin, Simazin,<br/>Terbutylazin,<br/>Desethylterbutylazin,<br/>Isoproturon, Metazachlor,<br/>2.6-Dichlorbenzamid,<br/>Bentazon, Diuron, Aldrin,<br/>Dieldrin, Heptachlor,<br/>Dichlorprop</p> <p>im Rahmen der SchALVO-<br/>Kooperationsvereinbarung der<br/>Kommunalen Landesverbände<br/>und der Wasserfachverbände<br/>mit dem Land Baden-<br/>Württemberg</p> | X  | X  | X  |    |
| BW12 | SA | SA | SA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | SA | SA | SA | SA |
| BW13 | SA | SA | SA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | SA | SA | SA | SA |

**Fortsetzung Tabelle 13:** Ergebnisse der Umfrage zu „Pflanzenschutzmittel“

|      |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |    |  |   |
|------|---|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|--|---|
| BW14 | X | X | Atrazin, Desethylatrazin,<br>Desisopropylatrazin, Simazin,<br>Terbutylazin,<br>Desethylterbutylazin,<br>Isoproturon, Metazachlor,<br>Dichlobenil,<br>2,6-Dichlorbenzamid,<br>Bentazon, Diuron, Aldrin,<br>Dieldrin Heptachlor,<br>Heptachlorepoxyd, Dichlorprop<br><br>Nach TrinkwV | X  | X  |  | X |
| BW15 |   | X | Atrazin, Desethylatrazin,<br>Desisopropylatrazin, Simazin,<br>Terbutylazin,<br>Desethylterbutylazin,<br>Metazachlor,<br>2,6-Dichlorbenzamid,<br>Bentazon                                                                                                                            | SA | SA |  | X |

**Fortsetzung Tabelle 13:** Ergebnisse der Umfrage zu „Pflanzenschutzmittel“

|                   |       |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |                  |       |       |
|-------------------|-------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------|-------|-------|
| BW17              | X     | X     | Atrazin, Desethylatrazin,<br>Desisopropylatrazin, Simazin,<br>Terbutylazin,<br>Desethylterbutylazin,<br>Isoproturon, Metazachlor,<br>Dichlobenil,<br>2.6-Dichlorbenzamid,<br>Bentazon, Diuron, Aldrin,<br>Dieldrin, Heptachlor,<br>Heptachlorepoxyd,<br>Dichlorprop<br><br>Evtl. Einschränkung, je nach<br>Relevanz | X     | X <sup>(2)</sup> |       | X     |
| <b>Österreich</b> |       |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |                  |       |       |
| AT1               | k. A. | k. A. | k. A.                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | k. A. | k. A.            | k. A. | k. A. |



**Fortsetzung Tabelle 13:** Ergebnisse der Umfrage zu „Pflanzenschutzmittel“

|     |                  |   |                                                                                                                                                                                                                                                               |   |   |   |  |
|-----|------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|--|
| AT2 |                  | X | Verweis auf TWV und Codexkapitel B1, Anhang 9                                                                                                                                                                                                                 | X | X | X |  |
| AT3 | X                | X | Verweis auf TWV und Codexkapitel B1, Anhang 9                                                                                                                                                                                                                 | X | X | X |  |
| AT4 | X <sup>(3)</sup> | X | Atrazin, Desethylatrazin, Desisopropylatrazin, Simazin, Terbutylazin, Desethylterbutylazin, Isoproturon, Metazachlor, 2.6-Dichlorbenzamid, Bentazon, Diuron, Aldrin, Dieldrin, Heptachlor, Heptachlorepoxyd, Dichlorprop<br><br>Gemäß TWV und Codexkapitel B1 | X | X | X |  |

**Fortsetzung Tabelle 13:** Ergebnisse der Umfrage zu „Pflanzenschutzmittel“

|     |  |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |       |       |       |       |
|-----|--|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| AT5 |  | X | regelmäßige Untersuchung auf<br>Atrazin, Desethylatrazin,<br>Desisopropylatrazin, Simazin,<br>Terbutylazin, Isoproturon,<br>Metazachlor,<br>2.6-Dichlorbenzamid,<br>Bentazon, Diuron, Aldrin,<br>Dieldrin, Heptachlor,<br>Heptachlorepoxyd, Dichlorprop<br><br>Gemäß TWV und<br>Codexkapitel B1 | X     |       |       | X     |
| AT6 |  | X | Zusätzlich zum Anhang der<br>TWV, drei Dimethachlor-<br>Metabolite                                                                                                                                                                                                                              | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. |

**Fortsetzung Tabelle 13:** Ergebnisse der Umfrage zu „Pflanzenschutzmittel“

| Schweiz |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |   |   |  |
|---------|---|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|--|
| CH1     | X | X | Verweis auf NAQUA SPEZ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | X |   | X |  |
| CH2     | X | X | <p>Stichprobenartige US insbesondere Chlorothalonil Metabolit R471811, Chlorothalonilsulfonsäure Metabolit R417888, Chlorothalonil Metabolit SYN507900</p> <p>regelmäßige US auf Atrazin, Desethylatrazin, Desisopropylatrazin, Simazin, Terbutylazin, Desethylterbutylazin, Isoproturon, Metazachlor, 2.6-Dichlorbenzamid, Bentazon, Diuron, Dichlorprop</p> | X | X | X |  |

**Fortsetzung Tabelle 13:** Ergebnisse der Umfrage zu „Pflanzenschutzmittel“

|     |  |   |               |       |       |  |   |
|-----|--|---|---------------|-------|-------|--|---|
| CH3 |  | X | keine Angaben | k. A. | k. A. |  | X |
|-----|--|---|---------------|-------|-------|--|---|

Erläuterungen zu Tabelle 13:

<sup>(1)</sup> Untersuchungen des Rohwassers (soweit Rohwasser nicht gleich Trinkwasser ist) werden im Rahmen der Eigenüberwachungsverordnung vom Wasserwirtschaftsamt gefordert.

<sup>(2)</sup>Jährliche Empfehlung: N,N-Dimethylsulfamid

<sup>(3)</sup>nur bei Neuerschließung

#### **4.4 Badehygiene**

***Frage 4.1:** Auf welche chemischen Parameter nach DIN 19643 - „Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser“ - wird in ihrem Landkreis das jeweilige Wasser untersucht?*

In der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene lassen sich im Allgemeinen fünf Arten von Wasser, die für eine Beprobung zur Verfügung stehen, unterscheiden: Füllwasser (FW), Filtrat (F), Reinwasser (RW), Beckenwasser (BW) und Rohwasser (R).

Von den an der Umfrage teilgenommenen Landkreisen in Bayern, sticht BY4 mit der Untersuchung des Füllwassers auf Bromat, Arsen, Eisen und Aluminium heraus. Alle anderen Landkreise untersuchen ihr Füllwasser nicht auf die in der Umfrage angegebenen chemischen Parameter. Das Filtrat wird in den Kreisen BY2, BY4 und in BY5 jeweils auf die Parameter gebundenes Chlor und Aluminium geprüft. Zusätzlich dazu wird das Filtrat in BY4 noch auf Eisen und Trihalogenmethane kontrolliert. BY5 prüft als Ausnahme auch das Reinwasser, nämlich auf gebundenes Chlor. Das Beckenwasser wird bei allen, an der Umfrage teilgenommenen Landkreisen auf die Parameter gebundenes Chlor, Trihalogenmethane, Chlorit/Chlorat, Bromat und Aluminium untersucht. Das Beckenwasser wird meist zudem auf Eisen analysiert mit Ausnahme von Landkreis BY2. BY5 prüft das Beckenwasser zusätzlich zu den aufgezählten Parametern noch auf Arsen. Das Rohwasser wird in BY2 auf Aluminium und in BY5 auf Eisen untersucht.

In Baden-Württemberg wird das Füllwasser in BW16 auf gebundenes Chlor, in BW8 auf Eisen und Aluminium untersucht und in BW9 vereinzelt durch den Betreiber auf einzelne chemische Parameter. Alle anderen baden-württembergischen Landkreise analysieren ihr Füllwasser auf keinen der angegebenen Parameter. Das Filtrat wird in den Landkreisen BW2, BW5, BW6, BW11, BW13 und BW16 auf gebundenes Chlor untersucht. BW5 testet außerdem noch auf die Parameter Trihalogenmethane und Eisen. Reinwasser wird im Landkreis BW16 und in BW6 ebenfalls auf gebundenes Chlor kontrolliert. Alle angegebenen Landkreise prüfen ihr Beckenwasser auf gebundenes Chlor, Trihalogenmethane, Chlorit/Chlorat und Eisen. Ausnahmen bilden hier der Landkreis BW7, der nur auf gebundenes Chlor untersucht und der Landkreis

BW14, der auf eine Eisenuntersuchung verzichtet. Alle, unten in der Tabelle angegebenen Landkreise, analysieren das Beckenwasser außerdem auf Bromat. Ausnahmen hiervon sind die Landkreise BW2, BW5 und BW14. Auf den chemischen Parameter Aluminium wird zusätzlich in BW16, BW13, BW12, BW11, BW9, BW8, BW6, BW4, BW3 und in BW2 kontrolliert. Arsen wird in BW4 und BW11 untersucht. Das Rohwasser wird in BW8 auf Eisen getestet. Alle anderen angegebenen Landkreise kontrollieren ihr Rohwasser auf keinen, der angegebenen Parameter. Der Landkreis BW16 machte hierzu sehr präzise Aussagen: Die Konzentration des gebundenen Chlors wird vom Betreiber täglich ermittelt. Die Parameter THM, Chlorit/Chlorat, Bromat, Eisen, Aluminium, werden im Beckenwasser in unregelmäßigen Abständen geprüft. Diese Parameter werden im Füllwasser, Filtrat, Reinwasser und Rohwasser nur anlassbezogen zur Ursachenforschung bei Beanstandungen untersucht. Der Parameter Arsen wird bisher nicht untersucht.

Bei den an der Umfrage teilgenommenen amtlichen Stellen von Österreich, AT1, AT2, AT3 und AT4, untersuchen AT1 und AT4 das Füllwasser auf Bromat, Eisen und Aluminium. Zusätzlich wird in AT4 das Füllwasser auf gebundenes Chlor kontrolliert und in AT1 auf Arsen. AT4 verweist außerdem auf die Tatsache, dass Füllwasser den Anforderungen an die Trinkwasserverordnung im Rahmen einer Mindestuntersuchung entsprechen muss. Das heißt, das Füllwasser entspricht dem Rohwasser. AT2 untersucht beim Verwenden des Chlor-Chlordioxid-Verfahrens, unter Zugabe einer wässrigen Chloritlösung, hergestellt nach dem P.-Berger-Verfahren, auf die Chlorit-Konzentration im Füllwasser. Das Filtrat wird in AT2, AT3 und in AT4 auf gebundenes Chlor geprüft. Ebenso wird das Reinwasser auf gebundenes Chlor in AT4 untersucht. Das Beckenwasser wird in allen an der Umfrage teilgenommenen amtlichen Stellen auf die Parameter gebundenes Chlor, Trihalogenmethane, Eisen und Aluminium untersucht. AT4 prüft zusätzlich das Rohwasser auf gebundenes Chlor, Trihalogenmethane, Chlorit/Chlorat, Bromat, Arsen, Eisen und Aluminium. AT5 und AT6 machen hierzu keine Angaben.

In CH1 wurden hierzu keine Angaben gemacht, da von der Stelle, die auf die Umfrage geantwortet hat, keine Untersuchungen, die Badehygiene betreffend, durchgeführt werden. In CH2 wird lediglich das Beckenwasser auf gebundenes Chlor, Trihalogenmethane, Chlorit/Chlorat und Bromat untersucht. CH5 analysiert

ebenfalls nur das Beckenwasser auf gebundenes Chlor, Chlorit/Chlorat und Bromat. CH4 legt in der Analyse des Beckenwassers nur Wert auf die Parameter „gebundenes Chlor“ und die „Summe von Chlorit und Chlorat“.

**Frage 4.2:** *Bestehen, abhängig von der Art des Wassers im Becken, Unterschiede in der Beprobung (z.B. Sole, Heil- oder Thermalwasser)?*

In Bayern bestanden in den Landkreisen, die an der Umfrage teilgenommen haben, keine Unterschiede in der Beprobung des vorliegenden Wassers.

In Baden-Württemberg gab es jedoch Unterschiede in der Beprobung des vorliegenden Wassers, nämlich in den Landkreisen BW8, BW10, BW11, BW12 und BW14.

In Österreich gab es, genauso wie in Bayern keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Stellen, die an der Umfrage teilgenommen haben.

In CH2 sowie den angegebenen Bädern gab es keine Unterschiede in der Beprobung. In CH1 wurden hierzu keine Angaben gemacht, da von der Stelle, die auf die Umfrage geantwortet hat, keine Untersuchungen die Badehygiene betreffend durchgeführt werden.

**Frage 4.3:** *Wer führt diese Untersuchungen durch?*

In Bayern führt die Untersuchung der chemischen Parameter die Schwimm- und Badebeckenhygiene betreffend, in den fünf an der Umfrage teilgenommenen Landkreisen, grundsätzlich ein zugelassenes Labor für den Betreiber bzw. den Inhaber eines Schwimmbades durch. Ausnahme ist BY5, hier beteiligt sich das Gesundheitsamt an den Untersuchungen.

Auch in Baden-Württemberg übernimmt ein zugelassenes Labor die Untersuchung der chemischen Parameter für den Inhaber eines Schwimmbades in allen an der Umfrage teilgenommenen Landkreisen. Ausnahme sind die Landkreise BW2, BW8, BW9, BW11 und BW13, in denen auch das Gesundheitsamt Aufträge zu chemischen Untersuchungen erteilt.

In Österreich übernehmen die chemischen Untersuchungen die zugelassenen Labore für den Betreiber eines Schwimmbades.

CH2 und CH5 lassen die Analyse des Badewassers durch ein zugelassenes Labor oder durch das Gesundheitsamt durchführen, CH4 hingegen nur durch ein zugelassenes Labor. In CH1 wurden hierzu keine Angaben gemacht, da von der Stelle, die auf die Umfrage geantwortet hat, keine Untersuchungen, die Badehygiene betreffend, durchgeführt werden.

**Frage 4.4:** *Bestehen Grenzwertüberschreitungen folgender Stoffe (Trihalogenmethane, Chlorit/Chlorat, Bromat)? Falls ja, bitte maximalen Wert eintragen:*

Grundsätzlich bestanden keine hohen Grenzwertüberschreitungen der angegebenen chemischen Stoffe. Ausnahme ist die Konzentration von Trihalogenmethanen, wo es zu einer Grenzwertüberschreitung kam (Grenzwert = 0,020 mg/l). Dies war beispielsweise in BY3 mit 0,022 mg/l sowie in BY2 mit 0,025 mg/l der Fall. Auch in BY5 wurde eine geringe Grenzwertüberschreitung von THM in der Umfrage verzeichnet.

In Baden-Württemberg war dies ebenfalls der Fall. Es kam in wenigen Fällen in den Landkreisen, die an der Umfrage teilgenommen haben, zu einer Abweichung bei der THM-Konzentration. So in BY5 (0,04 mg/l) und in BY8 (0,08 mg/l). In BW16 kam es ebenfalls zu geringfügigen Überschreitungen des Grenzwertes. Im Landkreis BW3 kam es zu einer Grenzwertüberschreitung von THM mit 0,181 mg/l und einer Grenzwertüberschreitung von Chlorit/Chlorat mit 127 mg/l. Diese beiden chemischen Parameter waren auch in BW6 (THM = 0,093 mg/l;  $ClO_2^-/ClO_3^-$  = 110 mg/l) und in BW11 (THM = 0,043 mg/l;  $ClO_2^-/ClO_3^-$  = 523 mg/l) erhöht. Im Landkreis BW14 kam es ebenfalls zu einer geringfügigen Abweichung dieser chemischen Parameter.

In Österreich kam es nur in AT1 zu einer Grenzwertüberschreitung von Trihalogenmethanen. Die THM-Konzentration lag hier bei 0,140 mg/l, wobei es sich auf Grund der zulässigen Überschreitung des Sollwertes (0,020 mg/l) bis zu einer Konzentration von 0,1 mg/l, um keine beträchtliche Überschreitung handelt.



In CH2 sind die Höchstwerte bei einer Grenzwertüberschreitung folgende:

- THM: 0,062 mg/l
- Chlorit/Chlorat: 46 mg/l
- Bromat: 0,38 mg/l

In CH4 kam es zu keiner Grenzwertabweichung. In CH1 und in CH5 wurden hierzu keine Angaben gemacht.

**Tabelle 14:** Ergebnisse der Umfrage zu „Badehygiene“; geb. Cl: gebundenes Chlor; k. A.: keine Angabe; GA: Gesundheitsamt

| Landkreise bzw.<br>Bundesländer<br>bzw. Kantone | Frage 4.1 |             |    |                                                                   |    | Frage 4.2 |      | Frage 4.3 |    | Frage 4.4                     |
|-------------------------------------------------|-----------|-------------|----|-------------------------------------------------------------------|----|-----------|------|-----------|----|-------------------------------|
|                                                 | FW        | F           | RW | BW                                                                | R  | Ja        | Nein | Labor     | GA | Grenzwert-<br>überschreitung? |
| Bayern                                          |           |             |    |                                                                   |    |           |      |           |    |                               |
| BY1                                             | -         | -           | -  | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$ , Fe, Al | -  |           | X    | X         |    | Nein                          |
| BY2                                             | -         | geb. Cl, Al | -  | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$ , Al     | Al |           | X    | X         |    | THM = 250 mg/l                |
| BY3                                             | -         | -           | -  | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$ , Fe, Al | -  |           | X    | X         |    | THM = 0,022 mg/l              |

Fortsetzung Tabelle 14: Ergebnisse der Umfrage zu „Badehygiene“

|                   |                                  |                         |         |                                                                          |        |  |   |   |   |            |
|-------------------|----------------------------------|-------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------|--------|--|---|---|---|------------|
| BY4               | $BrO_3^-$ , As,<br>Fe, Al<br>(1) | geb. Cl, THM,<br>Fe, Al | -       | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$ , Fe, Al        | -      |  | X | X |   | Nein       |
| BY5               | -                                | geb. Cl, Al             | geb. Cl | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$ , As,<br>Fe, Al | Fe, Al |  | X | X | X | THM gering |
| Baden-Württemberg |                                  |                         |         |                                                                          |        |  |   |   |   |            |
| BW2               | -                                | geb. Cl                 | -       | geb. Cl, THM,<br>$ClO_2^-/ClO_3^-$ ,<br>Fe, Al                           | -      |  | X | X | X | Nein       |

Fortsetzung Tabelle 14: Ergebnisse der Umfrage zu „Badehygiene“

|     |   |                     |         |                                                                          |   |  |   |   |  |                                                         |
|-----|---|---------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------|---|--|---|---|--|---------------------------------------------------------|
| BW3 | - | -                   | -       | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$ , Fe, Al        | - |  | X | X |  | THM= 0,181mg/l<br><br>$ClO_2^-/ClO_3^-$ =<br>127 mg/l   |
| BW4 | - | -                   | -       | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$ , As,<br>Fe, Al | - |  | X | X |  | Nein                                                    |
| BW5 | - | geb. Cl, THM,<br>Fe | -       | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ , Fe                           | - |  | X | X |  | THM = 0,04 mg/l                                         |
| BW6 | - | geb. Cl             | geb. Cl | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$ , Fe, Al        | - |  | X | X |  | THM = 0,093 mg/l<br><br>$ClO_2^-/ClO_3^-$ =<br>110 mg/l |

Fortsetzung Tabelle 14: Ergebnisse der Umfrage zu „Badehygiene“

|      |                         |         |     |                                                                          |     |   |   |   |   |                                                       |
|------|-------------------------|---------|-----|--------------------------------------------------------------------------|-----|---|---|---|---|-------------------------------------------------------|
| BW7  | -                       | -       | -   | geb. Cl                                                                  | -   |   | X | X |   | Nein                                                  |
| BW8  | Fe, Al                  | -       | -   | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$ , Fe, Al        | Fe  | X |   | X | X | THM = 0,08 mg/l                                       |
| BW9  | vereinzelt<br>Betreiber | -       | -   | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$ , Fe, Al        | -   |   | X | X | X | Nein                                                  |
| BW10 | (2)                     | (2)     | (2) | (2)                                                                      | (2) | X |   | X |   | Nein                                                  |
| BW11 | -                       | geb. Cl | -   | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$ , As,<br>Fe, Al | -   | X |   | X | X | THM = 0,043 mg/l<br>$ClO_2^- / ClO_3^- =$<br>523 mg/l |

Fortsetzung Tabelle 14: Ergebnisse der Umfrage zu „Badehygiene“

|      |         |         |         |                                                                   |   |   |   |   |                  |                                                                                                                          |
|------|---------|---------|---------|-------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BW12 | -       | -       | -       | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$ , Fe, Al | - | X |   | X |                  | Nein                                                                                                                     |
| BW13 | -       | geb. Cl | -       | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$ , Fe, Al | - |   | X | X | X                | THM = 0,035 mg/l<br>$ClO_2^-/ClO_3^-$ =<br>65 mg/l                                                                       |
| BW14 | -       | -       | -       | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,                       | - | X |   | X |                  | Ja, THM und<br>$ClO_2^-/ClO_3^-$ ;<br>aber keine genauen<br>Angaben                                                      |
| BW16 | geb. Cl | geb. Cl | geb. Cl | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$ , Fe, Al | - |   | X | X | X <sup>(3)</sup> | THM geringfügige<br>Überschreitungen;<br>$ClO_2^-/ClO_3^-$ =<br>40-60 mg/l,<br>es gab einen<br>Ausreißer mit<br>160 mg/l |

Fortsetzung Tabelle 14: Ergebnisse der Umfrage zu „Badehygiene“

| Österreich |                                |         |         |                         |                                                                          |       |       |       |       |                |
|------------|--------------------------------|---------|---------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| AT1        | $BrO_3^-$ , As,<br>Fe, Al      | -       | -       | geb. Cl, THM,<br>Fe, Al | -                                                                        |       | X     | X     |       | THM = 140 µg/l |
| AT2        | $ClO_2^-$<br>(4)               | geb. Cl | -       | geb. Cl, THM,<br>Fe, Al | -                                                                        |       | X     | X     |       | Nein           |
| AT3        | -                              | geb. Cl | -       | geb. Cl, THM,<br>Fe, Al | -                                                                        |       | X     | X     |       | Nein           |
| AT4        | geb. Cl,<br>$BrO_3^-$ , Fe, Al | geb. Cl | geb. Cl | geb. Cl, THM,<br>Fe, Al | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$ , As,<br>Fe, Al |       | X     | X     |       | Nein           |
| AT5        | k. A.                          | k. A.   | k. A.   | k. A.                   | k. A.                                                                    | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A.          |

Fortsetzung Tabelle 14: Ergebnisse der Umfrage zu „Badehygiene“

|         |                                                                     |       |       |                                                       |       |       |       |       |       |                                                                                |
|---------|---------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------------------------------------------------|
| AT6     | k. A.                                                               | k. A. | k. A. | k. A.                                                 | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A.                                                                          |
| Schweiz |                                                                     |       |       |                                                       |       |       |       |       |       |                                                                                |
| CH1     | Keine Angaben, da die Untersuchungen dort nicht durchgeführt werden |       |       |                                                       |       |       |       |       |       |                                                                                |
| CH2     | -                                                                   | -     | -     | geb. Cl,<br>THM, $ClO_2^-$ /<br>$ClO_3^-$ , $BrO_3^-$ | -     |       | X     | X     | X     | THM = 0,062<br>mg/l,<br>$ClO_2^-/ClO_3^-$ =<br>46mg/l,<br>$BrO_3^-$ = 0,38mg/l |
| CH4     | -                                                                   | -     | -     | geb. Cl,<br>$ClO_2^-/ClO_3^-$ ,                       | -     |       | X     |       | X     | Nein                                                                           |
| CH5     | -                                                                   | -     | -     | geb. Cl,<br>$ClO_2^-/ClO_3^-$ ,<br>$BrO_3^-$          | -     |       | X     | X     | X     | -                                                                              |



Erläuterungen zu Tabelle 14:

<sup>(1)</sup> Nachdem das Füllwasser aus öffentlichen Wasserversorgungsanlagen stammt, wird die Qualität nur sporadisch oder bei Auffälligkeiten bei der Überwachung der Wasserqualität Filtrat, Becken usw. untersucht. Untersuchungen auf die nicht markierten Parameter (Filtrat und Beckenwasser) erfolgen sporadisch. Untersuchungen im Rein- und Rohwasser erfolgen nur bei besonderem Anlass.

<sup>(2)</sup> die Bäderbetreiber führen die chemischen Untersuchungen eigenverantwortlich nach DIN 19643 durch. In der Regel erfolgen keine chemischen Untersuchungen durch das Gesundheitsamt, es sei denn anlassbezogen.

<sup>(3)</sup> in Einzelfällen

<sup>(4)</sup> nur bei Chlor-Chlordioxidverfahren unter Zugabe einer wässrigen Chloritlösung, hergestellt nach dem P.-Berger-Verfahren [66].

## V Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es, die Neuerungen der „*Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch*“, die innerhalb der nächsten zwei Jahre in nationales Recht umgewandelt werden müssen, darzustellen. Dabei wird auch Wert auf die Auswirkungen dieser Veränderungen auf die Lebensmittelsicherheit gelegt und ein Vergleich zwischen den derzeit geltenden Anforderungen der Richtlinie 98/83/EG und deren Umsetzung durch die daraus resultierenden Verordnungen in Deutschland und Österreich sowie der Schweizerischen Trinkwasserverordnung, für die die Richtlinie 98/83/EG nicht als Grundlage dient, gezogen. Im Rahmen einer Umfrage wurde die aktuelle Schwerpunktsetzung von Trinkwasseruntersuchungen in Deutschland, Österreich und der Schweiz in Bezug auf die Parameter „Epichlorhydrin, Vinylchlorid, Acrylamid“, „Radioaktivität“ und „Pflanzenschutzmittel“ beleuchtet. Dabei wurden auch die Unterschiede zwischen den verschiedenen Landkreisen der deutschen Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg betrachtet. Abschließend wurden die Kriterien der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene der genannten Länder, ebenfalls mit Unterstützung einer Umfrage, gegenübergestellt.

### 1 Trinkwasserhygiene

#### 1.1 Mikrobiologische Parameter

Die einzelnen Gesetzesvorschriften, die Richtlinie sowie die einzelnen Trinkwasserverordnungen der drei Länder, unterscheiden sich bei den mikrobiologischen Parametern nicht wesentlich durch die eigentlichen Grenzwerte, sondern durch die Angabe der zu überprüfenden Art von Wasser und die zu untersuchende Menge.

Die Richtlinie 98/83/EG ebenso wie die deutsche Trinkwasserverordnung, differenziert zwischen „*allgemeinen Anforderungen*“ (Grenzwert in 100 ml Wasser) und „*Trinkwasser, das zur Abgabe in verschlossenen Behältnissen bestimmt ist*“ (Grenzwert in 250 ml Trinkwasser) [8] [6].

Die Richtlinie 98/83/EG unterscheidet sich allerdings in Bezug auf die mikrobiologischen Kriterien von der deutschen Trinkwasserverordnung beim

Parameter „Koloniezahl“. In der Richtlinie ist die Koloniezahl sehr allgemein durch die Angabe von „allgemeinen Anforderungen“ bei 22 °C (100/ml) und bei 36 °C (20/ml) gehalten [8]. Die deutsche Trinkwasserverordnung berücksichtigt ebenfalls diese beiden Temperaturen, unterscheidet aber bei einer Temperatur von 22 °C, bei Anwendung eines Untersuchungsverfahrens, das in § 15 Abs. 1c angegeben wird, zwischen „*Trinkwasser am Zapfhahn des Verbrauchers (100/ml)*“, „*Trinkwasser nach Abschluss der Aufbereitung im desinfizierten Trinkwasser (20/ml)*“ und „*Kleinanlagen zur Eigenversorgung und mobile Versorgungsanlagen (1000/ml)*“ [6]. Bei einer Temperatur von 36 °C gilt ein Grenzwert von 100/ml bei Anwendung des Untersuchungsverfahrens nach § 15 Abs. 1c. Bei Trinkwasser, das zur Abgabe in verschlossenen Behältnissen bestimmt ist, gilt jedoch der Grenzwert 100/ml bei 22 °C und 20/ml bei 36 °C [6]. Die Neufassung der Richtlinie (EU) 2020/2184 berücksichtigt in Hinblick auf die Koloniezahl nur noch eine Temperatur von 22 °C [18].

In der österreichischen Trinkwasserverordnung wird hingegen zwischen „*nicht desinfiziertes Wasser*“, „*desinfiziertes Wasser*“ und „*Trinkwasser, das zur Abgabe in verschlossenen Behältnissen bestimmt ist*“ unterschieden. Die Keimzahl des nicht desinfizierten Wassers bezieht sich auf 100 ml Wasser und die Keimzahl der anderen beiden Wasserarten bezieht sich auf 250 ml Wasser. Beim Parameter Koloniezahl werden unterschiedliche Grenzwerte, je nach Art des Wassers bei 22 °C und 37 °C angegeben [60].

In der Schweiz wird aufgrund der TBDV die Keimzahl der folgenden drei Wasserarten in jeweils einem Milliliter berücksichtigt: „*Trinkwasser an der Fassung, unbehandelt*“, „*Trinkwasser nach der Behandlung*“ und „*Trinkwasser im Verteilnetz, behandelt oder unbehandelt*“ [61]. Die Koloniezahl wird in der Schweiz als aerobe mesophile Keimzahl angegeben. Die Beprobung stellt die einwandfreie Wirkung von Desinfektionsmaßnahmen sicher und gibt die Restkontamination des Wassersystems wieder [98]. Das „*Trinkwasser im Verteilnetz und in der Hausinstallation*“ sowie das „*Trinkwasser, das zur Abgabe in geschlossenen Behältnissen bestimmt ist*“ und „*Eis, das als Zutat von Speisen und Getränken verwendet wird*“, ist bei der Untersuchung auf die aerobe mesophile Keimzahl nicht berücksichtigt. Diese zuletzt genannten „Trinkwasserarten“ wurden bislang alleinig auf *E. coli*-Bakterien und Enterokokken untersucht. Mit der

Änderung der TBDV, die am 01. August 2021 in Kraft getreten ist, wird nun aber auch „*Trinkwasser an der Fassung, unbehandelt*“, „*Trinkwasser nach der Behandlung*“ und „*Trinkwasser im Verteilnetz, behandelt oder unbehandelt*“ auf *E-coli*-Bakterien und Enterokokken analysiert [61]. *Pseudomonas aeruginosa* wird nur bei Trinkwasser, das in Behältnissen abgefüllt ist und bei Eis als Zutat zu Speisen und Getränken berücksichtigt [61]. Die Europäische Union hat in ihrer Richtlinie 98/83/EG zur Trinkwasserhygiene teilweise strengere Vorgaben in Bezug auf die zu untersuchenden Parameter (coliforme Bakterien, *Clostridium perfringens* inklusive Sporen) und deren Höchstkonzentrationen. Wird nun also Trinkwasser oder verschiedene Lebensmittel, die in der Schweiz mit Trinkwasser behandelt wurden, in den EU-Raum importiert, so muss diese EU-Richtlinie erfüllt werden und die Untersuchungsschemata demnach angepasst werden [99].

Der Parameterwert „*Legionella* spp.“ wurde in die deutsche Trinkwasserverordnung mit einem technischen Maßnahmewert von 100/100 ml im Jahr 2011 aufgenommen. Nach § 14b der derzeit geltenden deutschen Trinkwasserverordnung besteht eine Untersuchungspflicht und Überwachungspflicht auf Legionellen, wenn Trinkwasser im Rahmen einer gewerblichen oder öffentlichen Tätigkeit abgegeben wird, Duschen oder andere Anlagen zur Vernebelung des Trinkwassers bestehen oder es eine Großanlage zur Trinkwassererwärmung gibt [6]. Hierzu müssen an mehreren Probenentnahmestellen repräsentative Proben unter genauen Angaben genommen werden. Probenentnahmestellen sind der Abgang der Leitung für Trinkwasser vom Trinkwassererwärmer sowie der Wiedereintritt. Zusätzlich müssen in der Peripherie, vor allem in Bereichen mit Steigsträngen und in Bereichen der Vernebelung Proben entnommen werden [158].

In Österreich und in der Schweiz wird dieser Parameter derzeit nicht explizit in der Trinkwasserverordnung aufgeführt. In Österreich bezieht sich die Trinkwasserverordnung auf „Wasser für den menschlichen Gebrauch“ gemäß § 3 Z2 LMSVG und diese schließt bislang keine Untersuchung auf Legionellen ein [60]. Hierzu gibt es weder Angaben in der österreichischen Trinkwasserverordnung, noch im LMSVG. Die Untersuchung von Warmwasser auf Legionellen erfolgt nur in Trinkwasser-Erwärmungsanlagen entsprechend zwei Normen: „*ÖNORM B 5021:2020-08-01 - Dezentrale Trinkwasser-*

*erwärmungsanlagen - Mikrobiologische Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit und deren Überwachung“ [159] sowie „ÖNORM B 5019:2020-03-01 - Hygienerelevante Planung, Ausführung, Betrieb, Überwachung und Sanierung von zentralen Trinkwasser-Erwärmungsanlagen“ [160].*

Die Schweiz deckt diesen Parameter mithilfe der Richtlinien W3/E3 «Hygiene in Trinkwasserinstallationen» [161] und W3/E4 «Selbstkontrolle in Gebäude-Trinkwasserinstallationen» [162], die von der SVGW erstellt worden ist, ab. Die Richtlinie W3/E3 ist seit 01. September 2020 in Kraft und gibt im Allgemeinen Auskunft über die Anforderungen für die Planung und Ausführung von Installationen zur Sicherstellung der Trinkwasserqualität einer Gebäudeinstallation. Hierbei wird die Legionellen-Probennahme zwar thematisiert, indem verschiedene Maßnahmen beschrieben werden, wie kalte Trinkwasserinstallationen möglichst unter 25 °C zu belassen, um mögliche Legionellen-Konzentrationen gering zu halten. Die Legionellen-Probennahme wird aber nicht genauer beschrieben [161]. Die Richtlinie W3/E4 «Selbstkontrolle in Gebäude-Trinkwasserinstallationen» wurde erst Anfang März 2021 veröffentlicht. Hier werden Probenahmeintervalle für Legionellen in verschiedenen Gebäudekategorien empfohlen, da das Schweizer Lebensmittelrecht keine Vorgaben macht (vergleiche Tabelle 15 Mindest-Grundintervalle in Bezug auf Gebäudekategorien) [162].

**Tabelle 15:** Mindest-Grundintervalle in Bezug auf Gebäudekategorien [162]

| Gebäudekategorie                                | Legionellen-Beprobung             |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Spitäler mit Intensivpflege                     | 6 Monate                          |
| Spitäler                                        | 1 Jahr                            |
| Pflege- und Alterszentren                       | 1 Jahr                            |
| Kasernen, Zivilschutzanlagen,<br>Gefängnisse    | 3 Jahre                           |
| Hotels                                          | 1 – 2 Jahre                       |
| Übrige Beherbergungsstätten                     | 3 Jahre                           |
| Schul- und Sportanlagen mit Duschen             | 3 Jahre                           |
| Duschen in Bahnhöfen, Flughafen,<br>Raststätten | 3 Jahre                           |
| Duschanlagen in Bädern                          | 3 Jahre                           |
| Personalduschen                                 | 3 Jahre                           |
| Vermieter Wohnraum                              | Wenn begründeter Verdacht besteht |

Die am 16. Dezember 2020 veröffentlichte überarbeitete Richtlinie über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, beinhaltet für die Risikobewertung von Hausinstallationen *Legionella* spp. als relevanten Parameter und legt einen Parameterwert von  $< 1000$  KBE/l fest [18]. Folglich wird in Österreich der Parameter ebenfalls in Zukunft in der Trinkwasserverordnung berücksichtigt werden. Die neue Richtlinie (EU) 2020/2184 führt als Neuheit den Betriebsparameter „Somatische Coliphagen“ mit einem Referenzwert für Rohwasser von 50 plaquebildenden Einheiten (Plaque Forming Units-PFU)/100 ml

ein [18]. Hierbei soll die Wirksamkeit der Aufbereitungsverfahren gegenüber mikrobiologischer Risiken im Rahmen der betrieblichen Überwachung in Rohwasser kontrolliert werden [163]. Diese Neuerungen werden unter anderem für die Lebensmittelunternehmer, die nach der Verordnung (EG) Nr. 852/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 Trinkwasser „für alle Produktions-, Verarbeitungs- und Vertriebsstufen von Lebensmitteln [164]“ verwenden müssen, Folgen haben. Es müssen vermehrt Proben genommen, diese auf die neuen Parameter untersucht und gegebenenfalls Maßnahmen ergriffen werden, um die genannten Parameter zu minimieren. Gerade in Österreich, wo bislang Legionellen nicht in der Trinkwasserverordnung als Parameter aufgeführt werden, müssen auch in Lebensmittelbetrieben zum Beispiel im Bereich der Duschen für die Belegschaft oder in Bereichen, in denen Lebensmittel mit Dampf behandelt werden, Maßnahmen ergriffen werden. Daraus ergeben sich nicht nur zeit- und kostenaufwändige Konsequenzen, sondern auch etwaige erforderliche bauliche Veränderungen in den Trinkwasserinstallationen.

Zusammenfassend lässt sich in Bezug auf die mikrobiologischen Parameter sagen, dass die Richtlinie des Europäischen Rates 98/83/EG in Österreich in Bezug auf die mikrobiologischen Parameter im Bereich der zu überprüfenden Wassereinteilungen präzisiert wurde. Auch die Schweizerische Trinkwasserverordnung gibt hierbei genauere Angaben und die *„Richtlinie für die Qualitätsüberwachung in der Trinkwasserversorgung“* des SVGW berücksichtigt bei einzelnen Parametern einen EU-Export. Der Grundgedanke bleibt aber immer der gleiche: im Trinkwasser dürfen keine gesundheitsgefährdenden Keime vorhanden sein. Außerdem sollte die Koloniezahl bei 22 °C bzw. 36 °C möglichst geringgehalten werden.

Die Untersuchungsintervalle richten sich in allen Gesetzesvorlagen nach der Menge in m<sup>3</sup>, des in einem Versorgungsgebiet pro Tag abgegebenen oder produzierten Wassers. Es gibt jeweils eine Unterscheidung zwischen zwei Kontrollen, deren Unterschied im Umfang der zu untersuchenden Parameter besteht. Um auf die mikrobiologische Qualität ein besonderes Augenmerk zu legen, sind häufige regelmäßige Kontrollen sehr wichtig. In der Richtlinie 98/83/EG und in der österreichischen Trinkwasserverordnung spricht man hierbei von routinemäßigen Kontrollen [8] [60]. In Deutschland werden diese Untersuchungen im Rahmen der Parametergruppe A durchgeführt [6] und in der Schweiz spricht man von einem

kleinen Untersuchungsprogramm [99]. Im Vergleich zu diesem kleineren Untersuchungsprogramm gibt es auch ein erweitertes Untersuchungsprogramm, das alle Parameter der jeweils geltenden Richtlinie bzw. Trinkwasserverordnung miteinschließt. Hierbei werden auf den allgemeinen Qualitätszustand und die Einhaltung der gesetzlich festgelegten Grenzwerte der Parameter besonderes Augenmerk gelegt [99]. In der Richtlinie 98/83/EG spricht man diesbezüglich von einer umfassenden Kontrolle [8], in Österreich dagegen von einer Volluntersuchung oder auch einer umfassenden Kontrolle [60]. In Deutschland wird dieses Untersuchungsprogramm als Parameter der Gruppe B bezeichnet [6].

Normalerweise sind die mikrobiologischen Parameter Bestandteil des kleinen, regelmäßiger durchgeführten Untersuchungsprogramms. Somit werden sie also häufiger untersucht. Ausnahmen sind *Clostridium perfringens* und *Pseudomonas aeruginosa*. *Clostridium perfringens* ist nur dann Bestandteil des Programms, wenn das Rohwasser von Oberflächenwasser stammt oder von diesem beeinflusst wurde [8]. Routinemäßige Kontrollen in Bezug auf *Pseudomonas aeruginosa* müssen nur durchgeführt werden, wenn das Trinkwasser zur Abgabe in verschlossenen Behältnissen bestimmt ist [8], bzw. in der Schweiz, zusätzlich, wenn das Eis als Zusatz zu Speisen oder Getränken verwendet wird [61].

Bestandteil der routinemäßigen Kontrollen sind nach der RL 98/83/EG in Bezug auf die mikrobiologischen Parameter *E. coli*-Bakterien, die Koloniezahl, coliforme Bakterien, *Pseudomonas aeruginosa* und *Clostridium perfringens* (vergleiche Tabelle 4) [8]. *Enterokokken* sind demnach kein Bestandteil der routinemäßigen Kontrollen. Sie werden nicht in der Liste der Tabelle A aufgeführt und müssen somit nicht in routinemäßigen Kontrollen aufgeführt werden. Die einzelnen Mitgliedstaaten der EU dürfen diese aber jederzeit zur Liste hinzufügen. Deutschland, Österreich und auch die neue Richtlinie (EU) 2020/2184 haben den Parameter der Enterokokken in die Liste der zu untersuchenden Stoffe im Rahmen der „Routinemäßigen Kontrollen“ aufgenommen [6] [60]. In Deutschland ist nach der TrinkwV die Untersuchungshäufigkeit auf Enterokokken pro Jahr auf maximal 200 begrenzt [6].

Die Untersuchung auf coliforme Bakterien und auf *Clostridium perfringens* ist nach der Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV) nicht Bestandteil der regelmäßigen



Trinkwasserkontrollen [61]. Wenn das Trinkwasser in den EU-Raum exportiert wird, entsteht daraus jedoch nach der „Richtlinie über die Qualitätsüberwachung in der Trinkwasserversorgung“ des SVGWs eine Vorschrift [99].

In der neuen Richtlinie (EU) 2020/2184 werden im Gegensatz zur alten Richtlinie 98/83/EG in Bezug auf die Probennahme und Analyse für die Überwachung der Parameter über Mengen von abgegebenem Wasser von unter 10 m<sup>3</sup> und zwischen 10 m<sup>3</sup> und 100 m<sup>3</sup> Rücksicht genommen [18]. Hierbei gilt nach Richtlinie 98/83/EG, dass die Häufigkeit vom Mitgliedsstaat festgelegt wird. Dieses gilt allerdings in Zukunft nur für Mengen unter 10 m<sup>3</sup>. Für Mengen über 10 m<sup>3</sup> bis einschließlich 100 m<sup>3</sup> werden für Parameter der Gruppe A (in Richtlinie 98/83/EG: routinemäßige Kontrolle) zwei Untersuchungen und für Parameter der Gruppe B (in Richtlinie 98/83/EG: umfassende Kontrolle) eine Untersuchung angegeben. Eine weitere Änderung ist die Erweiterung des Parameterumfanges der Gruppe A mit dem Parameter Enterokokken [18]. Diese werden aber bereits in der deutschen und österreichischen Trinkwasserverordnung berücksichtigt [6] [60].

Folglich gibt es in Bezug auf die Untersuchungsintervalle ebenfalls keine wesentlichen Unterschiede. Grundgedanke bleibt auch hier, in allen Gesetzesvorschriften, der gleiche: durch regelmäßige Kontrollen, die nach Untersuchungsumfang in ein kleines und umfassendes Untersuchungsprogramm unterteilt werden, wird der mikrobiologischen Unbedenklichkeit des Trinkwassers Rechnung getragen.

## 1.2 Chemische Parameter

Mit der Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch werden in den nächsten Jahren verschiedene Neuerungen in den jeweils geltenden Trinkwasserverordnungen in nationales Recht umgewandelt werden müssen. Grund dieser überarbeiteten Richtlinie, die durch die Bürgerinitiative zum Recht auf Wasser („InitiativeRight2Water“) angestoßen wurde, ist ein verbesserter Schutz der Bevölkerung vor negativen Einflüssen, die sich aus verunreinigtem Trinkwasser ergeben und die Verbesserung des Zugangs zu einwandfreiem Trinkwasser [18]. Somit rückt das Prinzip der Lebensmittelsicherheit weiter in den Vordergrund. Die Lebensmittelsicherheit beinhaltet alle Maßnahmen, die sicherstellen, dass ein Lebensmittel verzehrfähig ist und keine gesundheitlichen Schäden mit sich zieht. Die Grundsätze des europäischen Lebensmittelrechts und somit auch die der Lebensmittelsicherheit werden in der sog. Basisverordnung (EU) Nr. 178/2002 beschrieben. In dieser Verordnung werden verschiedene Ziele bzw. Grundprinzipien aufgeführt, um in der EU ein hohes Gesundheitsschutzniveau zu erreichen [165]. Das Konzept einer Risikobewertung und eines Risikomanagements, das als Neuerung in die Neufassung der Trinkwasserrichtlinie aufgenommen wurde, zählt zu diesen Grundprinzipien und wird mit dem Konzept der Erstellung eines Verzeichnisses von Mindesthygieneanforderungen an Baustoffe und Filtermedien ebenfalls unterstützt [165]. Durch das Einführen einer Risikobewertung wird den Mitgliedstaaten und den Wasserversorgern eine gewisse Eigenentscheidung über den Umfang der zu untersuchenden Parameter gegeben [18]. Die Risikobewertung gestaltet sich nach dem Prinzip der in Artikel 5 der Verordnung (EG) Nr. 852/2004 genannten HACCP-Grundsätze, die für jeden Lebensmittelunternehmer verpflichtend sind. Demnach muss - bereits zum jetzigen Zeitpunkt - in der Lebensmittelindustrie eine Gefahrenanalyse durchgeführt, kritische Kontrollpunkte bestimmt und für diese Grenzwerte festgelegt werden. Außerdem müssen Untersuchungsverfahren festgelegt und durchgeführt werden, um die ermittelten Kontrollpunkte zu überwachen sowie etwaige Korrekturmaßnahmen festgelegt werden. Diese müssen regelmäßig verifiziert und genau dokumentiert werden [164]. Anhang II Kapitel VII der Verordnung (EG) Nr. 852/2004 schreibt für alle Lebensmittelunternehmer die Verwendung von einer ausreichenden Menge an Trinkwasser vor, um eine Kontamination der

Lebensmittel zu vermeiden. Es darf außerdem nur Trinkwasser bzw. aufbereitetes Wasser, das in seiner Qualität der geltenden Trinkwasserverordnung entspricht, für die Weiterverarbeitung der Lebensmittel sowie als Zutat verwendet werden [164]. Die Verwendung von aufbereitetem Wasser, das in seiner Qualität den Vorgaben der Trinkwasserverordnung entspricht, gewinnt in Zeiten des Bevölkerungswachstums sowie des Klimawandels und der damit verbundenen Knappheit der natürlichen Ressource für Trinkwasser an Bedeutung [166]. Die Wiederaufbereitung von Wasser trägt zur Wassereinsparung, Kostenreduzierung und Sicherung der künftigen Wasserversorgung bei [167]. Folglich müssen mit der bevorstehenden Änderung der Trinkwasserverordnungen die Aufbereitungsmaßnahmen des gebrauchten Wassers angepasst werden und das HACCP-Konzept um eventuelle kritische Kontrollpunkte erweitert werden. Dabei sind ein technischer Umbau, ein Kostenmehraufwand und auch ein zeitlicher Aufwand nicht auszuschließen.

Durch die Festlegung von EU-einheitlichen Mindestanforderungen für Baustoffe und Filtermedien, die in Kontakt mit Trinkwasser kommen sowie Chemikalien zur Trinkwasseraufbereitung, soll ein einheitliches Gesundheitsschutzniveau entstehen. Dadurch wird auch eine Verbesserung des Lebensmittelhandels innerhalb der EU angestrebt. Bislang gelten in den einzelnen Mitgliedstaaten „nationale Produktzulassungen mit unterschiedlichen Anforderungen“ [18]. Für die Lebensmittelunternehmer sowie für die Mitgliedstaaten selber ist demnach ein Export ihrer Produkte in andere EU-Mitgliedstaaten kostspielig. Die Einführung von EU-einheitlichen Mindestanforderungen wird es zudem dem Verbraucher erleichtern, Gewissheit über die Unbedenklichkeit und Sicherheit des Lebensmittels zu erlangen [18]. Hierdurch werden den Lebensmittelunternehmen in den nächsten Jahren Auflagen erteilt, die sie unter anderem durch Umbaumaßnahmen und Anpassung der Chemikalien zur Trinkwasseraufbereitung erfüllen müssen.

Mit der Einführung einer Beobachtungsliste werden Verbindungen und Stoffe berücksichtigt, die nach Wissenschaftsmeinung die menschliche Gesundheit gefährden und im Trinkwasser vorkommen können. Eine solche Beobachtungsliste wurde auch schon mit der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) eingeführt, um den Zustand von Grundwasser und Oberflächengewässer zu verbessern [168]. Der

Parameter „Mikroplastik“, zu dem zum jetzigen Forschungsstand noch wenig Informationen vorliegen und eine zusammenfassende Bewertung der Wirkung von Mikroplastik auf die menschliche Gesundheit insbesondere des Magen-Darm-Traktes noch aussteht, wird ebenfalls neu berücksichtigt [54]. Es soll ein Analyseverfahren erarbeitet werden, um den Parameter in die Beobachtungsliste aufnehmen zu können [18].

Zudem wurden sieben neue chemische Parameter, die in letzter Zeit in unserem Alltag eine zunehmend wichtigere Rolle spielen, in den Anhang der neuen Richtlinie (EU) 2020/2184 aufgenommen [18]:

- Bisphenol A
- Chlorat
- Chlorit
- Halogenessigsäuren
- Microcystin-LR
- Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen
- Uran

Außerdem kam es zu Grenzwertänderungen bei fünf chemischen Parametern. Bei Bor, Selen und Antimon erfolgte nach Überprüfung der Auswirkungen auf den menschlichen Körper eine Erhöhung des Grenzwertes. Bei Chrom und bei Blei führte dies jedoch jeweils zu einer Halbierung des Grenzwertes [18]. Die Halbierung des Grenzwertes von Blei wird unter anderem auch einen Austausch von veralteten Bleirohren nach sich ziehen. Dies bedeutet gerade für ältere Lebensmittelunternehmen - sei es im Schlachthof oder in landwirtschaftlichen Betrieben, die noch mit Bleirohren ausgestattet sind und die unter anderem zum Reinigen der Melkapparate Trinkwasser verwenden – einen kosten- und zeitaufwändigen Umbau.

Abweichungen zu den Grenzwerten, die im Anhang der Richtlinie (EU) 2020/2184 aufgeführt werden, sind zukünftig im Gegensatz zur Richtlinie 98/83/EG, nur noch auf neue Einzugsgebiete, neue Verunreinigungsquellen und unvorhersehbare Situationen im Einzugsgebiet anzuwenden. Die Dauer darf einen Zeitraum von drei Jahren nicht überschreiten [18].

Auch in Sachen der Radioaktivität treten mit Einsetzen der Richtlinie (EU) 2020/2184 Neuerungen auf: Parameterwerte inklusive deren

Kontrollverfahren für Radioaktivität, werden nicht mehr aufgelistet [18]. Grund ist hierfür das Vorliegen der Richtlinie 2013/51/Euratom, in welcher besondere Vorkehrungen für die Überwachung von radioaktiven Stoffen in Trinkwasser festgelegt wurden [169].

Ansonsten bestehen keine prägnanten Unterschiede bezüglich der Grenzwerte der chemischen Parameter, die in der neuen Trinkwasser-Richtlinie (EU) 2020/2184 sowie in der Richtlinie 98/83/EG und der deutschen, österreichischen und schweizerischen Trinkwasserverordnung aufgeführt werden.

Dennoch gibt es einige Ausnahmen. Eine Ausnahme macht die schweizerische Trinkwasserverordnung, indem bei dem Parameter „*Chrom*“ zusätzlich zum bestehenden Grenzwert für Chrom (50 µg/l), ein Grenzwert für das sechswertige Chrom von 20 µg/l angegeben wird [61]. Dadurch wird eine erhöhte Konzentration des mutagenen und genotoxischen sechswertigen Chroms im Trinkwasser verhindert [170]. Die Schweiz gibt zusätzlich einen um 10 mg/l niedrigeren Grenzwert von „*Nitrat*“ an [61], was unter anderem auf die hohe Nitrat-Konzentration im Grundwasser, die vor allem durch stickstoffhaltige Düngemittel verursacht werden, zurückzuführen ist [171]. Die Schweiz setzt ebenfalls den, in der Richtlinie angegebenen Grenzwert von „*Kupfer*“ von 2 mg/l auf 1 mg/l, um die Kupferaufnahme durch das Trinkwasser zu reduzieren. Beim Parameterwert „*Ammonium*“ macht die schweizerische Trinkwasserverordnung eine zusätzliche Unterscheidung zwischen reduziertem (0,5 mg/l) und oxidiertem (0,1 mg/l) Trinkwasser und gibt hierzu jeweils die geltenden Grenzwerte an [61]. Um die „*Cadmium*“-Aufnahme durch Trinkwasser zu reduzieren, wird in der Schweiz und in Deutschland der Grenzwert auf 3 µg/l festgesetzt [61] [6]. Somit wurde der Grenzwert der Richtlinie um 2 µg/l gesenkt. Die Schweiz hat im Laufe der Jahre verschiedene Neufassungen der TBDV erlassen. In der neuesten Fassung (Stand 01. August 2021) werden folgende Parameter nicht mehr berücksichtigt: pH-Wert, Chlorid, Nitrit (vor der Behandlung), Sulfat, Sulfid, elektrische Leitfähigkeit und die Oxidierbarkeit. Neu hinzugekommen sind Chlordioxid und Perchlorat. Des Weiteren wird der „*organisch gebundene Kohlenstoff*“ im Gegensatz zu den anderen Gesetzestexten, in denen auf „keine anormale Veränderung“ hingewiesen wird, mit einem Grenzwert (2 mg/l) versehen. Dieser wurde durch die Neufassung der TBDV von 1 mg/l auf 2 mg/l angehoben, da eine

Konzentration von 1 mg/l schwer einzuhalten ist, wenn die Ressource dem Oberflächenwasser entstammt [61] [98]. Daran ist zu sehen, dass es, aufgrund von aktuellen Erkenntnissen und Forschungen, wie im Falle von Perchlorat durch NAQUA, in der TBDV zu Änderungen im Umfang der Trinkwasserverordnung kommen kann.

Bei dem Grenzwert von „Uran“ gibt es deutliche Unterschiede: Im Gegensatz zu der Richtlinie 98/83/EG, in der Uran als chemischer Parameter nicht explizit erwähnt wird, wird Uran in der deutschen (10 µg/l) [6], österreichischen (15 µg/l) [60] und schweizerischen (30 µg/l) [61] Trinkwasserverordnung jeweils mit anderen Grenzwerten aufgeführt. Die WHO gibt einen Richtwert von 30 µg/l für die unbedenkliche lebenslange tägliche Aufnahme von Uran an [172]. Somit liegt Deutschland um zwei Drittel und Österreich um die Hälfte unter diesem Richtwert. In der neuen Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184 wird der Parameter Uran mitberücksichtigt [18].

Auch beim Parameterwert „Trihalogenmethane“ weichen die einzelnen Gesetzesvorgaben voneinander ab: Obwohl die Richtlinie einen Grenzwert von 100 µg/l vorschreibt, geben Deutschland (50 µg/l) [6] und Österreich (30 µg/l) [60] einen deutlich niedrigeren Grenzwert an. Auch die Schweiz hat für THM einen deutlich niedrigeren Grenzwert von 50 µg/l festgesetzt [61].

Abweichungen in den nationalen Vorgaben liegen auch bei der „elektrischen Leitfähigkeit“ vor. Nach der Richtlinie und in Österreich wird diese bei 20 °C gemessen und erhält einen Grenzwert von 2500 µS/cm [8] [60]. In Deutschland wird die elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C gemessen. Hier liegt der Grenzwert bei 2790 µS/cm [6]. Die Schweiz gibt, wie oben schon erwähnt, für diesen Parameter keinen Grenzwert an [61].

„Nitrit“ wird in Österreich und der Schweiz, im Gegensatz zur Richtlinie und zur deutschen Trinkwasserverordnung, die einen Grenzwert von 0,5 mg/l vorgeben, strenger beurteilt [8] [6]. Hier gilt ein Grenzwert von 0,1 mg/l [60].

Deutschland und Österreich geben bei der „Färbung“, bzw. beim „spektralen Absorptionskoeffizienten“ genauere Angaben als die Richtlinie an, welche die Vorgabe „ohne anormale Veränderung“ gibt. Der Grenzwert des spektralen

Absorptionskoeffizienten ist somit in Deutschland und in Österreich  $0,5 \text{ m}^{-1}$  [6] [60]. Die Schweiz führt diesen Parameter gar nicht auf.

Beim „Geruch“ gibt es ebenfalls eine Besonderheit in Deutschland. Im Gegensatz zu den anderen Gesetzestexten, die bezüglich des Geruches keine anormalen Veränderungen vorschreiben, gibt die deutsche Trinkwasserverordnung einen Geruchsschwellenwert von 3, der bei 23 °C zu bestimmen ist, an [6].

Eine weitere Ausnahme ist der Parameter „Calcitlösekapazität“: Hier wird nur in Deutschland in der Trinkwasserverordnung ein Grenzwert (5,0 mg/l  $\text{CaCO}_3$ ) angegeben [6]. In Österreich wird die Calcitlösekapazität nur im Codexkapitel B1 des österreichischen Lebensmittelbuches berücksichtigt. Auch hier gilt ein Grenzwert von 5,0 mg/l bei einem pH-Wert von unter 7,7 [96].

Beim Parameter „freies Chlor“ gibt es Besonderheiten: Die Schweiz listet diesen Parameter mit einem Grenzwert von 0,1 mg/l auf [61]. In der Richtlinie 98/83/EG jedoch wird dieser nicht aufgelistet. Deutschland gibt hierzu in der eigentlichen Trinkwasserverordnung ebenfalls keinen Grenzwert an, verweist aber in § 11 auf die Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren des Bundesministeriums für Gesundheit, in der die zulässigen Stoffe zur Trinkwasseraufbereitung aufgeführt werden. In dieser Liste wird ein Grenzwert für freies Chlor von 0,3 mg/l sowie ein Mindestwert von 0,1 mg/l nach der Aufbereitung, bei einer maximal zulässigen Zugabe von 1,2 mg/l freiem Chlor, angegeben [173]. Österreich gibt ebenfalls in seiner Trinkwasserverordnung keinen Grenzwert an. Hier wird dieser Parameter im Codexkapitel B1 des österreichischen Lebensmittelbuches abgehandelt und mit einem Grenzwert von 0,3 mg/l versehen [96].

In Österreich werden zusätzlich zu den in der Trinkwasserverordnung aufgeführten chemischen Parameter, diejenigen Parameter, welche im Codexkapitel B1 des österreichischen Lebensmittelbuches aufgelistet sind, berücksichtigt, um eine gute Trinkwasserqualität zu garantieren (vergleiche Anhang Kapitel IX 2) [96].

Somit erfolgten die Umsetzungen der Richtlinie 98/83/EG in nationales Recht in Deutschland und in Österreich nahezu identisch. Die jeweiligen Trinkwasserverordnungen haben zum größten Teil jegliche Parameter und die dazugehörigen Grenzwerte übernommen. Teilweise wurden die Grenzwerte jedoch

etwas strenger gesetzt oder durch andere Untersuchungsbedingungen erweitert und durch weitere Parameter ergänzt.

Die schweizerische Trinkwasserverordnung ist zum größten Teil ebenfalls identisch zur Richtlinie 98/83/EG in Bezug auf den Parameterumfang und die festgelegten Grenzwerte. In einigen Fällen ist sie jedoch strenger und setzt den Grenzwert herunter. In der schweizerischen Trinkwasserhygiene werden zusätzlich einige Parameter berücksichtigt, die in der Richtlinie sowie deren Umsetzung in Deutschland und Österreich nicht aufgeführt werden. Die Schweiz geht also sehr ausführlich auf die Parameter der Trinkwasserhygiene ein und fügt teilweise eine weitere Unterteilung, je nach vorliegender Verbindung oder Aufbereitungsverfahren, ein. Aufgrund der Aufnahme dieser weiteren Parameter in die schweizerische Trinkwasserverordnung, müsste in Deutschland und in Österreich ebenfalls in Betracht gezogen werden, den Parameterumfang der jeweils geltenden Trinkwasserverordnungen zu ergänzen, insbesondere um solche Parameter, welche die menschliche Gesundheit schädigen können.

Wie schon in Kapitel IV1 aufgeführt, wird in den Richtlinien und den jeweiligen Trinkwasserverordnungen zwischen einem kleinen und einem großen Untersuchungsumfang unterschieden. Grundsätzlich sind diese, bis auf ihre Bezeichnung, ähnlich. Die Kontrolle mit einem geringeren Parameterumfang wird häufiger durchgeführt und gibt Auskunft über die organoleptische und mikrobiologische Qualität sowie die Wirksamkeit der Trinkwasseraufbereitung. Die Kontrolle mit dem größeren Untersuchungsumfang wird seltener durchgeführt und überprüft, ob alle Parameter ihren Grenzwert einhalten [8]. Zu der routinemäßigen Kontrolle, die nach der Richtlinie 98/83/EG festgelegt wird, gehören folgende Parameter: Aluminium (nur, wenn es als Flockungsmittel verwendet wird), Ammonium, Färbung, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Eisen (nur, wenn es als Flockungsmittel verwendet wird), Nitrit (nur, wenn Chloraminierung als Desinfektionsmethode verwendet wird), Geruch, Geschmack und Trübung [8]. Die deutsche Trinkwasserverordnung hält sich zum größten Teil an diese Einteilung, jedoch fehlen Ammonium und Nitrit in der Gruppe A, welche die routinemäßige Untersuchung darstellt. Diese Parameter werden also erst mit der Gruppe B, welche die umfassende Untersuchung darstellt, erfasst [6]. Auch die österreichische Trinkwasserverordnung übernimmt die Parameter der Richtlinie in



Bezug auf die routinemäßigen Untersuchungen, fügt aber noch die Temperatur sowie Parameter hinzu, die bei Vorliegen von desinfiziertem Wasser, je nach Desinfektionsmethode, überprüft werden müssen. Diese Parameter müssen auch in der umfassenden Kontrolle mit berücksichtigt werden. Zusätzlich müssen weitere Parameter zur Ermittlung der Ionenbilanz und Charakterisierung des Wassers ermittelt werden [60]. Die neue Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184 unterteilt das Untersuchungsprogramm ebenfalls in zwei Gruppen: Gruppe A und Gruppe B. Gruppe A beinhaltet neben den aus der veralteten Trinkwasserrichtlinie 98/83/EG bekannten Parametern zusätzlich noch Ammonium (wenn Chloraminierung als Desinfektionsmethode verwendet wird) und je nach Einschätzung des Mitgliedstaates weitere Parameter gemäß einer durchgeführten Risikobewertung. Die Schweiz untersucht in ihrem kleinen Untersuchungsprogramm in Bezug auf die chemischen Parameter nur die Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Geruch, Geschmack, Trübung/Färbung und den Restchlorgehalt. In ihrem erweiterten Untersuchungsprogramm werden die anderen Parameter mit aufgegriffen [99].

Die Mindesthäufigkeiten der Untersuchungen richten sich, wie auch schon bei den mikrobiologischen Parametern, nach der Menge in m<sup>3</sup> des in einem Versorgungsgebiet pro Tag abgegebenen oder produzierten Wassers. Die Richtlinie 98/83/EG und Österreich machen für die Mindesthäufigkeiten für Trinkwasser, das dazu bestimmt ist, in verschlossenen Behältnissen verpackt zu werden, zusätzliche Angaben [60] [8].

Grundsätzlich gibt es also keine großen Unterschiede bezüglich Untersuchungsumfang und Untersuchungsintervallen. Alle Gesetzestexte beinhalten ein kleines und ein großes Untersuchungsprogramm und achten mit deren Anwendung auf eine gute Trinkwasserqualität.

Eine letzte Neuerung der Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184 ist die Berücksichtigung von Wasserverlusten. Laut den Vorgaben des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) muss Wasser sparsam verwendet werden und nur geringe Wasserverluste dürfen in Kauf genommen werden [174]. Außerdem können Leckagen zu hygienischen Beeinträchtigungen des Wassers führen. Durch Aufnahme dieses Themengebietes in die neue Trinkwasserrichtlinie wird auch der Umweltschutz berücksichtigt: Durch die Beobachtung von Wasserverlusten soll eine unnötige Ressourcenbeanspruchung und ein vermeidbarer Energieaufwand

vermieden werden. Zudem werden Ökosysteme durch eine Minimierung der Wasserentnahme aus Ressourcen geschützt [175].

Die Richtlinie 98/83/EG wird mit Wirkung vom 13. Januar 2023 aufgehoben. Somit müssen die Mitgliedsstaaten bis zum 12. Januar 2023 mit Bezug auf die Richtlinie (EU) 2020/2184 den Wortlaut der nationalen Rechtsvorschriften der Kommission mitteilen [18]. Hierbei dürfte es interessant sein, wie die Mitgliedsstaaten die neue Richtlinie jeweils in eine für ihr Land geltende Verordnung umwandeln werden. Gerade in Bezug auf die Risikobewertung und das Risikomanagement gibt die Richtlinie (EU) 2020/2184 einen gewissen Spielraum in den zu untersuchenden Parametern, die je nach Land und Gebiet unterschiedlich sein können.

Das Ergebnis der Umfrage kann aufgrund der lückenhaften Rückmeldungen nicht umfassend sein. Dennoch erlauben die punktuellen Einblicke eine gewisse Einschätzung der Untersuchungsintensität. Die Einhaltung der Anforderungen der produktspezifischen Parameter „*Epichlorhydrin*“, „*Vinylchlorid*“ und „*Acrylamid*“ wird in Bayern, je nach Landkreis, unterschiedlich sichergestellt. In Baden-Württemberg zeigt sich auf Basis der Rückmeldungen eine gewisse Einheitlichkeit bei der Analyse des Trinkwassers. Österreich scheint beide Methoden - Berechnung des Grenzwertes auf Grundlage der maximalen Freisetzung nach den Produktspezifikationen und Analyse des Wassers - zur Überprüfung dieser drei Parameter anzuwenden. In der Schweiz ist auf Grund nur einer Angabe von einer amtlichen Stelle (CH3), die den Parameterwert des Vinylchlorids analysiert, die Auswertung nur punktuell möglich. Im Umfang der zu prüfenden drei Parameter gibt es Unterschiede. Es werden nicht alle drei Parameter in allen Landkreisen bzw. Ländern überprüft. Dies ist abhängig von unterschiedlichen Faktoren. So kann Vinylchlorid bei Nichtverwenden von PVC-Rohren in der Trinkwasserleitung vernachlässigt werden. Auch die Überprüfung von Acrylamid ist hinfällig bei Nichtanwenden von polyacrylamidhaltigen Flockungshilfsmittel. Zu den Probennahmeverfahren lässt sich keine aussagekräftige Auswertung durchführen. Diese ist in Deutschland in den an der Umfrage teilgenommenen Landkreisen und in Österreich unterschiedlich. Das Rohwasser wird normalerweise nicht untersucht. Ausnahme ist der Landkreis BW7 und Österreich bei Neuerschließung eines Brunnens. In CH3 wird das Rohwasser regelmäßig auf Vinylchlorid untersucht. Die Untersuchung wird zum überwiegenden Teil vom zugelassenen Labor

durchgeführt. Laut der Antwort von CH1, geschieht die Untersuchung in Abhängigkeit von der Gefahrenanalyse entweder durch ein zugelassenes Labor oder durch das zuständige Gesundheitsamt.

Die Auswertung des zweiten Themengebiets der Umfrage, die „Radioaktivität“, ergibt eine breite Streuung bei der Vorgehensweise der Länder und Kreise. Hier lassen sich auch keine einheitlichen Aussagen über die Untersuchung der ionisierenden Strahlung treffen. Allein durch die Sammelantwort BW17 von Baden-Württemberg wird ein Hinweis darauf gegeben, dass dort jeweils  $\alpha$ -Strahlung und  $\beta$ -Strahlung untersucht werden. Dies scheint aber auch nicht in allen Landkreisen der Fall zu sein. Auch in Österreich unterscheiden sich die Antworten hinsichtlich der Untersuchung des Roh- und Trinkwassers. Über den Umfang der radioaktiven Stoffe, die untersucht werden, gibt es auch keine einheitliche Aussage. Am häufigsten wird das Trinkwasser auf Radon-222 untersucht. Dies gilt auch für Baden-Württemberg, laut der Sammelantwort BW17, die alle Radionuklide natürlichen Ursprungs, die in der Tabelle der deutschen Trinkwasserverordnung in Anhang 3a, Teil 2 angegeben sind, berücksichtigt. In Österreich wird das Roh- und Trinkwasser untersucht. Hierbei sind die zu untersuchenden Parameter Blei-210, Polonium-210, Radon-222, Radium-224 und Radium-226. Das Verfahren der Erstuntersuchungen unterscheidet sich auch in den einzelnen Bundesländern, bzw. Ländern. Die Häufigkeit der Untersuchung wird jeweils durch die geltende Trinkwasserverordnung festgesetzt. In den im Internet veröffentlichten deutschen Trinkwasseranalysen besteht ebenfalls zum größten Teil kein Verweis auf eine Untersuchung auf Radioaktivität. Dies könnte im Zusammenhang mit Anlage 3a Teil III stehen. Hier wird festgelegt, dass regelmäßige Untersuchungen nur dann durchgeführt werden müssen, wenn es bei der Erstuntersuchung zu Überschreitungen kam. Das Vorkommen von radioaktiven Stoffen, vor allem Radionuklide natürlichen Ursprungs, ist stark abhängig von vorliegender geologischer Beschaffenheit sowie von witterungsbedingten Einflüssen [176]. In diesem Themenbereich wird vor allem deutlich, dass in der Beprobung der einzelnen Parameter große Unterschiede bestehen. Eine einheitliche Durchführung der Untersuchungen, die Radioaktivität betreffend, die sich aufgrund der Ergebnisse der Umfrage ableiten lassen könnte, gibt es nicht.

Das dritte Themengebiet der Umfrage behandelt die „Pflanzenschutzmittel“-Untersuchung des Roh- und Trinkwassers. In Bayern gibt es Unterschiede in der Art des Wassers zur Beprobung: Mal wird nur das Rohwasser, mal nur das Trinkwasser und mal beide Wasserarten untersucht. In Baden-Württemberg werden laut Sammelantwort größtenteils beide Wasserarten untersucht. Österreich und CH1 beproben ebenfalls größtenteils beide Wasserarten. Die Einhaltung der Anforderungen der Grenzwerte wird ebenfalls unterschiedlich geregelt. Oft ist es in Bayern die Pflanzenschutzmittel-Liste des LfU Bayerns, die getestet wird. Diese wird aufgrund von über dreißigjährigen PSM-Monitorings des LfU-Bayerns von dem Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) erstellt und enthält Pflanzenschutzmittelwirkstoffe, deren Analyse empfohlen wird [177]. In den in Bayern beantworteten Umfragen wird aber auch angegeben, dass das Trinkwasser nur auf solche Pflanzenschutzmittel analysiert wird, die in diesen Landkreisen zum Einsatz kommen. Auf diesen Aspekt der Einschränkung der Beprobung auf verschiedene Pflanzenschutzmittel, die in der Region verwendet werden, verweist ebenfalls Baden-Württemberg. Der Landkreis BW2 äußert in der beantworteten Umfrage die Empfehlung, Trinkwasser und Rohwasser, jährlich auf das Abbauprodukt des inzwischen nicht mehr zulässigen Pflanzenschutzmittels Tolyfluanid zu testen. Hierbei handelt es sich um einen Ausgangsstoff von Nitrosamin N-Nitro-sodimethylamin (NDMA), das als krebserregend gilt und bei der Aufbereitung durch Ozonung gebildet werden kann [178]. Verschiedene Landkreise Baden-Württembergs verweisen in diesem Themengebiet des Öfteren auf eine Verordnung, die Baden-Württemberg zum Schutz von Rohwasser in Wasserschutzgebieten erlassen hat: die SchALVO-Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung. Durch diese Verordnung sollen auf Grundlage von Verwendungseinschränkungen von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln, je nach Gebietseinteilung des Wasserschutzgebietes (Normalgebiete, Problemgebiete, Sanierungsgebiete) mikrobielle Grundwasserverunreinigungen, Nitrateinträge und vor allem Verunreinigungen des Grundwassers mit Pflanzenmittelwirkstoffen vermieden sowie schnellstmöglich behoben werden [179]. Die Einschränkung auf die Analyse der relevanten Pflanzenschutzmittel wird auch in Österreich deutlich. AT6 legt zusätzlich großen Wert auf die Untersuchung von drei Dimethachlor-Metaboliten. Hierbei handelt es sich um Abbauprodukte des Herbizids Dimethachlor, bei welchem eine Gesundheitsgefährdung nicht auszuschließen ist

[180]. In der Schweiz wird Wert auf die Analyse von drei Chlorothalonil-Metaboliten gelegt. Dabei handelt es sich um ein Fungizid, das seit dem 1. Januar 2020 seine Zulassung als Pflanzenschutzmittel verloren hat. In den letzten Jahren kam es in einigen Kantonen zu einer Überschreitung des zulässigen Grenzwertes und somit kann eine Gefährdung der Gesundheit nicht ausgeschlossen werden. Deshalb müssen regelmäßig Untersuchungen auf die noch im Grundwasser vorhandenen Chlorothalonil-Metaboliten angesetzt werden [181]. Nur wenige Grenzwertüberschreitungen im Bereich der Pflanzenschutzmittel wurden von den an der Umfrage teilgenommenen Landkreisen bzw. Ländern angegeben. Diese waren aber nicht sehr hoch. Die Schweiz verfolgt zum Schutz des Grundwassers und somit auch der menschlichen Gesundheit eine „Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA“. Auf diese Grundwasserbeobachtung wird auch in Antworten zur Umfrage Bezug genommen. Hierbei gibt es vier Untermodule [182]. Im Modul Spez geht es um den Zustand und die Entwicklung der Grundwasser-Qualität in Bezug auf Schad- und Fremdstoffe, insbesondere Nitrate, Arzneimittel und Pestizide [183].

## 2 Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene

In Bezug auf die mikrobiologischen Parameter der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene gibt es in Deutschland, Österreich und in der Schweiz keine großen Unterschiede (vergleiche auch IX 4). Grundsätzlich dürfen keine koloniebildenden Einheiten in 100 ml von *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Legionella* spp. im Wasser, unabhängig ob Füllwasser, Filtrat oder Beckenwasser, nachweisbar sein [7] [66]. Die Schweiz gibt einen Toleranzwert für *Legionella* spp. von 1 KBE/ml an [68].

In allen Ländern wird ebenfalls ein Maßnahmenplan, der bei Nachweis von Legionellen und in Abhängigkeit von deren Konzentration durchzuführen ist, angegeben (vergleiche Anhang IX 4) [7] [68].

Ausnahmen gibt es bei der Koloniezahl. Diese muss im primären und sekundären Füllwasser in Deutschland Trinkwasserqualität haben und darf im Reinwasser einen Wert von 20 KBE/ml und im Beckenwasser einen Wert von 100 KBE/ml nicht überschreiten [7]. Reinwasser sowie Filtrat werden in Österreich in der Bäderhygieneverordnung nicht berücksichtigt. Hier gilt nur 100 KBE/ml im Füllwasser und Beckenwasser als Grenzwert [66]. In der Schweiz wird die aerobe mesophile Keimzahl berücksichtigt, die im Beckenwasser nicht über 1000 KBE/ml sein darf [61].

In der Empfehlung vom deutschen Umweltbundesamt „*Hygieneanforderungen an Bäder und deren Überwachung*“ wird auf weitere mikrobiologische Parameter, wie Cryptosporidien, Noroviren, atypische Mykobakterien und enterohämorrhagische *E. coli* Bakterien, hingewiesen [64]. Hierbei gilt es zu überlegen, ob diese in die DIN 19643 aufzunehmen sind. Es handelt sich um humanpathogene Keime bzw. einzellige Parasiten, die verschiedene Krankheitssymptome beim Menschen auslösen können. Hierzu gehören vor allem Erbrechen, Fieber und Diarrhoe [64].

Österreich hat als einziges hier zu vergleichendes Land, den mikrobiologischen Parameter der *Enterokokken* aufgenommen. Diese Bakterien dürfen nicht in 100 ml Füllwasser oder Beckenwasser nachgewiesen werden. Grund der Aufnahme in die BHygV 2012 ist ihre höhere Salztoleranz im Vergleich zu *E. coli*-Bakterien. Somit sind sie ggf. ein zuverlässigerer Indikatorparameter in Bezug auf eine fäkale Belastung des Wassers [184].

Bei den chemisch und chemisch-physikalischen Anforderungen an das Badewasser gibt es ebenfalls Gemeinsamkeiten (vergleiche auch IX 4). Das primäre und das sekundäre Füllwasser muss im Allgemeinen Trinkwasserqualität besitzen [7]. Mit der Neufassung der Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184 wird es auch hier, durch die Erweiterung des Untersuchungsumfanges sowie der Grenzwertänderungen, zu Anpassungen kommen. Dies ist vor allem auch in Therapieeinrichtungen, wie Reha-Zentren oder Krankenhäuser, von Bedeutung. Deutschland erwähnt in der DIN 19643 zusätzlich noch weitere Parameter (THM, Eisen, Mangan, Ammonium, organisch gebundener Kohlenstoff, Polyphosphat und ortho-Phosphat), die die Wasseraufbereitung negativ beeinflussen können. Diese sollten bei einer hohen Konzentration durch Aufbereitungsverfahren minimiert werden, um den Kriterien einer vorschriftsmäßigen Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene zu entsprechen [7]. Österreich gibt zusätzlich für das Füllwasser und das Filtrat, Grenzwerte vor für den Kaliumpermanganatverbrauch oder TOC, welche die Oxidierbarkeit widerspiegeln. Der Ozonwert sollte ebenfalls nach dem Aktivkohlefilter einen Wert von 0,5 mg/l nicht überschreiten [66].

In Bezug auf den Parameter „*freies Chlor*“ gibt es - je nach Land - unterschiedliche Grenzwertangaben, die sich je nach Beckenart und in Österreich zusätzlich durch pH-Wert-Angaben unterscheiden [66].

Beim Parameter „*Redoxspannung*“ werden in den einzelnen Ländern Mindestwerte angegeben. Deutschland unterscheidet hierbei jeweils zwischen Süß- und Meerwasser und unterschiedlichen pH-Werten. Zudem wird Wasser zusätzlich berücksichtigt mit einem Jodidgehalt über 0,5 mg/l [7]. Die Schweiz gibt ebenfalls einen Mindestwert in Abhängigkeit vom pH-Wert an [68]. In Österreich werden die Mindestwerte allerdings in Abhängigkeit des verwendeten Desinfektionsverfahren angegeben. Zusätzlich werden bromid- und jodidhaltige Salzwasserbecken sowie Becken mit einem Chloridgehalt von über 5000 mg/l extra berücksichtigt, in dem eine experimentelle Bestimmung der Redoxspannung mit vergleichbarer Desinfektionsleistung gefordert wird [66].

Auch beim *pH-Wert* gibt es unterschiedliche Einteilungen in Deutschland, Österreich und in der Schweiz. In Deutschland ist der pH-Wert abhängig vom Flockungsverfahren, in Abhängigkeit von Süß- bzw. Meerwasser [7]. Österreich unterscheidet zwischen verschiedenen Beckenarten [66], und die Schweiz gibt

lediglich einen Richtwert mit einem Toleranzwert vor, der sich jeweils um 0,2 Werte vom Richtwert unterscheidet [68].

Beim Parameter „*Oxidierbarkeit*“ gibt es in den einzelnen Ländern Besonderheiten. In Deutschland kann die Oxidierbarkeit als Sauerstoff- oder als Kaliumpermanganatverbrauch über dem Wert des Füllwassers angegeben werden [7]. In Österreich und in der Schweiz wird die Oxidierbarkeit als Kaliumpermanganatverbrauch oder als TOC angegeben [66] [68].

In Bezug auf einige Grenzwerte, wie die von *Aluminium*, *Eisen*, *Nitrat* und *gebundenes Chlor* legt die DIN 19643 und auch die SIA385/9 strengere Werte fest als die Bäderhygieneverordnung in Österreich und die TBDV in der Schweiz. Dies liegt aber nach Ansicht eines zuständigen Amtsvertreters nicht an der Tatsache, dass Österreich in diesen Bereichen lockerer agiert, sondern daran, dass es sich bei den deutschen und schweizerischen Vorschriften, um Normen und nicht um Gesetze, bzw. Verordnungen handelt. Die BHygV 2012 besitzt also faktisch Gesetzescharakter und eine Überschreitung der Grenzwerte bedeutet folglich eine erforderliche Ahndung von der zuständigen Behörde. Somit wurden die Grenzwerte so festgelegt, dass ein akzeptabler Gesundheitsschutz gegeben ist und die Werte in der Praxis auch gut eingehalten werden können. Der gleiche Sachverhalt ist in der Schweiz zu finden. Hier sind zum Teil in der geltenden Norm SIA 385/9 strengere Grenzwerte angegeben als in der TBDV. Beispielsweise ist dies der Fall bei der *Trübung*, dem *pH-Wert*, *freies Chlor*, *Chlorat* und *Harnstoff*. Hier entspricht der Toleranzwert der SIA 385/9 dem Grenzwert, der in der TBDV angegeben wird [61] [68]. Auch beim Parameter „THM“ unterscheidet die TBDV zwischen Hallenbädern und Freibädern. In der Norm ist nur der strengere Wert von 0,020 mg/l für die Gesamtheit der Bäder genannt. Österreich macht beim Parameter „THM“ ebenfalls eine Ausnahme, mit der Angabe, dass 0,020 mg/l nicht überschritten werden sollen und 0,1 mg/l nicht überschritten werden darf. Das bedeutet, dass der Grenzwert für THM im Badewasser in Österreich 0,1 mg/l ist. Der in der DIN 19643 festgelegte Grenzwert von 0,020 mg/l gilt in Österreich als Richtwert [66].

Eine weitere Besonderheit ist, dass Deutschland die Summe „*Chlorat/Chlorit*“ berücksichtigt [7]. Im Gegensatz dazu, berücksichtigt Österreich nur „*Chlorit*“ [66] und die Schweiz nur „*Chlorat*“ [68].



Die „*Säurekapazität*“, der „*Bromatgehalt*“ und die „*Trübung*“ finden in Österreich in der BHygV 2012 keine Anwendung. Allerdings wurde hier die „*Klarheit*“ des Beckenwassers berücksichtigt. Österreich benennt zusätzlich weitere Parameter, die sonst in den anderen geltenden Badewasserhygienetexte nicht auffindbar sind: „*Chloride* und *Chlordioxid*“ [66]. In Deutschland werden zusätzlich die Parameter „*Färbung*“ und „*Arsen*“ [7] und in der Schweiz die Parameter „*Ozon*“, „*Algizide*“ sowie „*freies Brom*“, „*gebundenes Brom*“ und „*Bromid*“ berücksichtigt [68].

Die Auswertung der Umfrage, die Badehygiene betreffend, ergibt, wie auch schon im Bereich der chemischen Parameter, ein uneinheitliches Bild in der Beprobung der Parameter der unterschiedlichen Beckenwasser. In Bayern und Baden-Württemberg wird großer Wert auf die Beprobung des Beckenwassers in Bezug auf gebundenes Chlor, THM, Chlorit/Chlorat, Bromat, Eisen und Aluminium, gelegt. Vereinzelt werden auch Füllwasser, Filtrat, Reinwasser und Rohwasser untersucht. Österreich und auch die Schweiz legen ebenfalls auf die genannten Werte großen Wert, vor allem im Beckenwasser. Hier wird regelmäßig das Filtrat und das Füllwasser beprobt. Vereinzelt werden die Arsenkonzentrationen des Badewassers analysiert, wie in BY5, BY4, BW3, BW11, BW4 sowie in Österreich in AT1 und AT4. In Gebieten mit hohem Erzvorkommen, vor allem in Form von Arsenopyrit und Arsenkies, ist ein geogener Einfluss auf die Arsenkonzentrationen im Grundwasser zu beobachten. Folglich geht Arsen bei der Verwitterung von arsenhaltigen Erzen ins Grundwasser über und muss auch in der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene beachtet werden [185]. Des Weiteren gibt es Unterschiede in der Beprobung bei Thermalbädern, wie es in der beantworteten Umfrage von BW8 deutlich wird. BW8 ist als Kur- und Bäderstadt bekannt und verfügt über zahlreiche Einrichtungen mit Thermalwasser, das einer besonderen Aufbereitung bedarf. Das Gesundheitsamt legte hierbei ein spezielles Untersuchungsprogramm fest. Auch in anderen Landkreisen mit Thermalbädern ist dies der Fall. Grenzwertüberschreitungen kommen vor allem bei Trihalogenmethanen und der Konzentration von Chlorat in den Sommermonaten vor.

Auch im Bereich der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene wird deutlich, dass zwischen den Ländern Gemeinsamkeiten bei einem Großteil der zu untersuchenden Parameter bestehen. Je nach Aufbereitungsverfahren und Beckentyp werden die

Werte zum Teil präzisiert und erweitert. Der Grundgedanke bleibt aber auch hierbei der gleiche: Die menschliche Gesundheit wird durch das regelmäßige Überprüfen mikrobiologischer und chemisch bzw. chemisch-physikalischer Parameter und Ergreifen notwendiger sofortiger Sanierungsmaßnahmen bei Grenzwert-Überschreitungen, geschützt.

### 3 Schlussfolgerung

Abschließend lässt sich feststellen, dass es einige - oben schon erörterte - Unterschiede im mikrobiologischen und chemischen Bereich der Parameter in den derzeit gültigen Trinkwasserverordnungen der verschiedenen Länder gibt. Zum Teil werden Grenzwerte von Parametern etwas strenger gesetzt oder durch andere Untersuchungsbedingungen erweitert. Bei der schweizerischen Trinkwasserverordnung ist auffällig, dass einige Parameter berücksichtigt werden, die in den Richtlinien sowie deren Umsetzungen nicht aufgeführt werden. Die Schweiz verweist außerdem immer auf den Export des Trinkwassers in den EU-Raum und die dort geltenden und somit einzuhaltenden Vorschriften. In der unterschiedlichen Anwendung der rechtlichen Vorgaben spiegeln sich regionale Besonderheiten wider. Daraus ist ein verantwortungsvolles Umgehen, der mit der Kontrolle der Trinkwasserhygiene beauftragten Stellen abzulesen. Der Grundgedanke bleibt immer der gleiche: im Trinkwasser dürfen keine gesundheitsgefährdenden Keime, bzw. chemischen Stoffe vorhanden sein.

Auch im Bereich der Lebensmittelsicherheit wird die Neufassung der Trinkwasserrichtlinie und der damit verbundenen Neufassung der Trinkwasserverordnungen seine Auswirkungen haben. Damit werden den Lebensmittelunternehmen teilweise neue Auflagen in Bezug auf die Zusammensetzung des Trinkwassers, welches man nach Verordnung (EG) 852/2004 für jegliche Produktionsschritte in Kontakt mit Lebensmitteln benötigt, erteilt. Nahrungsmittelproduzenten, beispielsweise milchverarbeitende Betriebe, welche mit Trinkwasser als technologisches Hilfsmittel arbeiten, sind durch die Neuerungen besonders tangiert. Wenn es auch den Molkereien gelungen ist, den Wasserverbrauch in den letzten Jahrzehnten erheblich zu senken, liegt der Einsatz von Wasser, je nach Produktionsschwerpunkt, etwa auf der Höhe der verarbeiteten Milch. Speziell in Käsereien, wie bei der Produktion vom Pasta-Filata-Käse Mozzarella, ist die Wasserqualität prägend für die Qualität des Endprodukts. An die neuen Vorschriften und den damit etwaigen verbundenen Umbaumaßnahmen oder Mehraufwand an Analysen wird sich jeder Betrieb halten müssen, um die Qualität und die Sicherheit seiner Lebensmittel zu garantieren [186].

Bei der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene wird deutlich, dass in den betrachteten Ländern beim Großteil der zu untersuchenden Parameter Einheitlichkeit besteht und somit auch hier die menschliche Gesundheit durch das regelmäßige Überprüfen der verschiedenen Parameter und durch die Aufbereitung des Badewassers geschützt wird.

Da die Richtlinie 98/83/EG mit Wirkung vom 13. Januar 2023 aufgehoben wird, müssen die Mitgliedsstaaten bis zum 12. Januar 2023, mit Bezug auf die Richtlinie (EU) 2020/2184, den Wortlaut der nationalen Rechtsvorschriften der Kommission mitteilen [18]. Diese, aus der Richtlinie folgenden Verordnungen, müssen die oben genannten Neuerungen enthalten. Dennoch lässt die Neufassung der Trinkwasserrichtlinie den EU-Mitgliedstaaten und den Wasserversorgern einen gewissen Spielraum in deren Untersuchungsumfang. Bezüglich der Risikobewertung und des Risikomanagements ist ein gewisser selbstverantwortlicher Entscheidungsspielraum gegeben [18]. Dieser kann auch bei regionalen Besonderheiten, wie einem geologischen Faktum, angewendet werden. Durch die Novellierung der im Jahr 1998 erlassenen Trinkwasserrichtlinie, wird die Bedeutung des Trinkwassers als eines der sichersten Lebensmittel im EU-Raum gestärkt. Die Vorgaben, die durch die Richtlinie (EU) 2020/2184 an die EU-Länder gestellt werden, orientieren sich am derzeitigen wissenschaftlichen Stand, um die menschliche Gesundheit bestmöglich zu schützen. Sie dienen zudem der besseren Überwachung der mikrobiologischen sowie chemischen Zusammensetzung des Trinkwassers. Aus diesem Grund wurden einige Grenzwerte von bereits existierenden Parametern angepasst und neue Parameter, die nach Wissenschaftsmeinung zwischenzeitlich relevant für unser Trinkwasser geworden sind, aufgenommen. Im Rahmen der effizienten Überwachung des Trinkwassers wird in der Richtlinie (EU) 2020/2184 nicht mehr nur auf die Kontrolle des Trinkwassers als Endprodukt eingegangen. Artikel 7 der novellierten Richtlinie bezieht sich auf die Eigenverantwortung der Versorger. Die Mitgliedsstaaten tragen demnach selbst Sorge dafür, dass geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um die gesamte Versorgungskette vom Einzugsgebiet bis zur Verteilung des Wassers abzusichern. Darin eingeschlossen sind Entnahme, Aufbereitung und Speicherung. Organisatorische Grundlagen ergeben sich aus einer örtlich angepassten Risikobewertung und einem daraus folgendem Risikomanagement. Etwaige Einschränkungen der Wasserqualität aufgrund geografischer Gegebenheiten

erfordern Anpassungen des Untersuchungsrahmens. Durch eine konkretisierte, verbesserte Information seitens der Versorger, die mindestens einmal jährlich stattfinden sollte, wird der Öffentlichkeit in dem Bereich der Trinkwasserhygiene eine verbesserte Transparenz vermittelt [187]. Diese Vorgaben bestanden prinzipiell schon laut Artikel 13 der Richtlinie von 1998. Die Auslegung einer für den Verbraucher geeigneten Information wird allerdings bislang regional recht unterschiedlich interpretiert.

Die EU-Kommission setzt zudem auf eine bessere Verfügbarkeit und somit auf einen vereinfachten Zugang zu hygienischem Trinkwasser. Hierbei werden vor allem auch Personen berücksichtigt, die aufgrund ihrer individuellen Lebenssituation keinen beständigen Zugang zu Trinkwasser haben.

Mit der neuen Trinkwasserrichtlinie, welche auch durch den Einfluss einer Europäischen Bürgerinitiative „Initiative Right2Water“ zu Stande kam, wird nicht nur auf den Schutz der menschlichen Gesundheit eingegangen, sondern auch auf den Schutz der Ressourcen und somit der Umwelt. In Zukunft sollen erstmalig Wasserverluste mitberücksichtigt werden, um eine unnötige Ressourcenbeanspruchung zu vermeiden.

Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass mit in Krafttreten der neuen Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184 eine prägnante Modernisierung der derzeit geltenden Trinkwasserverordnungen erfolgen wird. Außerdem können zukünftig aufgrund neuer wissenschaftlicher und technischer Erkenntnisse neue Parameter, zum Beispiel in das Verzeichnis der Materialanforderungen oder in die Beobachtungsliste aufgenommen werden. Alle fünf Jahre erfolgt dann eine Überprüfung der Parameter und Untersuchungsstrategien durch die Kommission. Damit soll Trinkwasser eines der bestüberwachten und sichersten Lebensmittel im EU-Raum bleiben.

## VI Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Trinkwasserhygiene und der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene. Ziel war es, die Neuerungen der Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch darzustellen, welche innerhalb der nächsten zwei Jahre in nationales Recht umgewandelt werden müssen. Die Auswirkungen dieser Veränderungen auf die Lebensmittelsicherheit werden erörtert sowie ein Vergleich gezogen, zwischen den derzeit geltenden Anforderungen der Richtlinie 98/83/EG, den daraus resultierenden Verordnungen in Deutschland und Österreich sowie der Schweizerischen Trinkwasserverordnung. Im Rahmen einer Umfrage wurde die aktuelle Schwerpunktsetzung von Trinkwasseruntersuchungen in Deutschland, Österreich und der Schweiz in Bezug auf produktspezifische Parameter, Radioaktivität und Pflanzenschutzmittel beleuchtet. Betrachtet wurden diesbezüglich auch die Unterschiede in verschiedenen Landkreisen der Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg. Abschließend wurden die Kriterien der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene der genannten Länder ebenfalls mit Unterstützung einer Umfrage gegenübergestellt.

Die Inhalte der Gesetzestexte, wie der geltenden Trinkwasserrichtlinie 98/83/EG, der Neufassung der Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184 und einzelner, in den verschiedenen Ländern geltender Trinkwasser-Verordnungen, wurden miteinander verglichen und wichtige Unterschiede herausgearbeitet. Zusätzlich wurden verschiedene Leitlinien und Normen berücksichtigt, wie die „DIN 19643 - Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser“.

Es kann festgehalten werden, dass sich die mikrobiologischen Parameter nicht wesentlich durch ihre festgesetzten Grenzwerte unterscheiden, sondern nur durch die Angabe der zu überprüfenden Art und Menge des Wassers. Interessant ist, dass bislang lediglich Deutschland Legionellen mit einem technischen Maßnahmewert in die Trinkwasserverordnung aufgenommen hat. Bei einigen chemischen Parametern gibt es geringe Unterschiede bei den Grenzwerten. Uran wird in der Richtlinie 98/83/EG nicht berücksichtigt, in den Trinkwasserverordnungen der Länder Deutschland, Österreich, Schweiz jedoch jeweils mit einem Grenzwert festgehalten. Die Untersuchungsintervalle richten sich in allen Ländern nach der

Menge in m<sup>3</sup>, des in einem Versorgungsgebiet pro Tag abgegebenen Wassers. Die jeweiligen Untersuchungen werden unterteilt in zwei Arten von Kontrollen: eine routinemäßige, regelmäßige Kontrolle mit einem geringen Untersuchungsumfang sowie eine umfassende Kontrolle, in der alle Parameter der Trinkwasserhygiene berücksichtigt werden.

Mit der Umsetzung der Richtlinie (EU) 2020/2184 muss in Zukunft jede Trinkwasserverordnung über eine Risikobewertung und ein Risikomanagement verfügen. Im Rahmen dieser Risikobewertung werden auch Mindesthygieneanforderungen an Materialien gestellt, die in Kontakt mit Trinkwasser kommen. Ebenfalls wird eine Beobachtungsliste eingeführt. Diese enthält Verbindungen und Stoffe, die die menschliche Gesundheit gefährden und im Trinkwasser vorkommen können. Dabei handelt es sich beispielsweise um Arzneimittel, Mikroplastik und endokrine Disruptoren. Explizit werden  $\beta$ -Östradiol und Nonylphenol als endokrine Disruptoren in die erste Beobachtungsliste aufgenommen. Ein sehr wichtiger Aspekt, der in die neue Trinkwasserrichtlinie (EU) 2020/2184 aufgenommen wurde, ist die Verbesserung des Zugangs zu Trinkwasser mit dem Ziel, jedem Verbraucher die Möglichkeit zu geben, hygienisches Trinkwasser zu konsumieren. Die Europäische Union hat somit durch die Revision der Trinkwasserrichtlinie wichtige und bedeutsame Veränderungen vorgesehen, um die menschliche Gesundheit besser zu schützen

Die Unterschiede des vorgegebenen Untersuchungsumfangs sowie der Grenzwerte der Parameter der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene, wurden anhand der jeweils geltenden Normen und Verordnungen beschrieben. Je nach Aufbereitungsverfahren und Beckentyp werden die Grenzwerte der mikrobiologischen und chemischen Parameter in den einzelnen Gesetzestexten präzisiert. Es wird deutlich, dass in den angegebenen Normen (DIN 19643; SIA 385/9) teilweise strengere Grenzwerte als in Verordnungen, wie die Bäderhygieneverordnung oder die TBDV, festgelegt sind.

## VII Summary

### **Microbiological and chemical quality of water using southern Germany, Austria and Switzerland as examples as well as the effects of the new EU Drinking Water Directive**

The present thesis deals with the topics of drinking water hygiene and swimming and bathing pool water hygiene. The aim of this work was to reflect the innovations of Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of December 16, 2020 on the quality of water intended for human consumption, which must be converted into national law within the next two years. The impact of these changes on food safety are also discussed and a comparison is made between the currently applied requirements of Directive 98/83 / EC, the resulting ordinances in Germany and Austria and the Swiss Drinking Water Ordinance. As part of a survey, the current focus on drinking water tests in Germany, Austria and Switzerland was examined with regard to product-specific parameters, radioactivity and pesticides. In this regard, the differences in various districts of the federal states of Bavaria and Baden-Wuerttemberg were also considered. Finally, the criteria of swimming and bathing pool water hygiene of the mentioned countries were also compared supported by a survey.

The contents of the legislative texts in force, such as the current Drinking Water Directive 98/83/EC, the new version of the Drinking Water Directive (EU) 2020/2184 and individual drinking water ordinances in force in the various countries, were compared with each other and important differences were identified. In addition, various guidelines and standards were taken into account, such as “DIN 19643 treatment of swimming and bathing pool water”.

It can be stated that the microbiological parameters do not differ significantly from their set limits, but only by the specification of the type and quantity of water to be tested. It is interesting to note that so far only Germany has included legionella in the Drinking Water Ordinance with a technical measure value. For some chemical parameters there are slight differences in the limits. Uranium is not taken into account in Directive 98/83 / EC, but is stipulated in the drinking water ordinances of Germany, Austria and Switzerland with a limit value. The examination frequencies in all countries are based on the quantity in m<sup>3</sup> of water released per



day in a supply area. The respective examinations are divided into two types of controls: a routine, regular control with a small scope of examination as well as a comprehensive control, in which all parameters of drinking water hygiene are considered.

With the implementation of Directive (EU) 2020/2184, every drinking water ordinance must have a risk assessment and risk management in the future. As part of this risk assessment, minimum hygiene requirements will also be imposed on materials that come into contact with drinking water. A watch list will also be introduced. This contains compounds and substances that endanger human health and can occur in drinking water. These include, for example, pharmaceuticals, microplastics and endocrine disruptors. Explicitly,  $\beta$ -estradiol and nonylphenol are included in the first watch list as endocrine disruptors. A very important aspect that has been included in the new Drinking Water Directive (EU) 2020/2184 is the improvement of access to drinking water with the aim of enabling every consumer to consume hygienic drinking water. With the revision of the Drinking Water Directive, the European Union has therefore planned important and significant changes in order to better protect human health.

The differences of the specified scope of examination as well as the limit values of the parameters of swimming and bathing pool water hygiene, were described on the basis of the applicable standards and ordinances. Depending on the treatment method and type of pool, the limit values of the microbiological and chemical parameters are specified in the individual legal texts. It becomes clear that in the specified standards (DIN19643; SIA 385/9), sometimes stricter limit values are specified than in ordinances such as the bath hygiene ordinance or the TBDV.

## VIII Literaturverzeichnis

- [1] Bretkopf, A. (2020). Entwicklung des Wasserverbrauchs pro Einwohner und Tag in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2019 [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/12353/umfrage/wasserverbrauch-pro-einwohner-und-tag-seit-1990/>. Zugriff am 23. Februar 2021.
- [2] UNESCO, UN-Water. (2020). United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change. Paris, UNESCO, 71.
- [3] Prof. Dr. Höller, C. - Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. (2020). Baden in bayerischen Badegewässern [Online]. Available: [https://www.lgl.bayern.de/gesundheit/hygiene/wasserhygiene/badeseen/baden\\_bayern.htm](https://www.lgl.bayern.de/gesundheit/hygiene/wasserhygiene/badeseen/baden_bayern.htm). Zugriff am 17. April 2021.
- [4] Thiele, F. (2018). Einsatz der Durchflusszytometrie als Schnellmethode zur Überwachung der mikrobiologischen Qualität von Reinstwasser. Pharmind Nr.11, 1542-1549.
- [5] „Plaque-Assay,“ [Online]. Available: <https://www.biologie-seite.de/Biologie/Plaque-Assay>. Zugriff am 14. April 2021.
- [6] Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), die zuletzt durch Artikel 99 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.
- [7] DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. (2012). DIN 19643-1 - Aufbereitung von Schwimm-und Badebeckenwasser - Teil 1: Allgemeine Anforderungen. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- [8] Rat der Europäischen Union. (1998). Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, Amtsblatt Nr. L 330 vom 05/12/1998 S. 0032 - 0054.

- [9] Bundesministerium für Gesundheit und Umweltbundesamt. (2013). LEITLINIEN zum Vollzug der §§9 und 10 der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001). Bonn und Dessau-Roßlau, 22-23.
- [10] List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature - LPSN, [Online]. Available: <https://lpsn.dsmz.de/genus/legionella>. Zugriff am 24. Juni 2021.
- [11] Newton, H. J., Ang, D. K., van Driel, I. R., Hartland, E. L. (2010). Molecular pathogenesis of infections caused by *Legionella pneumophila*. *Clinical microbiology reviews*, 23(2), 274–298.
- [12] Ohno, A., Kato, N., Yamada, K., Yamaguchi, K. (2003). Factors influencing survival of *Legionella pneumophila* serotype 1 in hot spring water and tap water. *Applied and Environmental Microbiology* 69 (5), 2540–2547.
- [13] Katz, S. M., Hammel, J. M. (1987). The effect of drying, heat, and pH on the survival of *Legionella pneumophila*. *Annals of clinical and laboratory science*, 17(3), 150–156.
- [14] Lesnik, R., Brettar, I., Höfle, M. (2016). *Legionella* species diversity and dynamics from surface reservoir to tap water: from cold adaptation to thermophily. *ISME Journal* 10, 1064–1080.
- [15] Leoni, E., De Luca, G., Legnani, P.P., Sacchetti, R., Stampi, S., Zanetti, F. (2005). *Legionella* waterline colonization: detection of *Legionella* species in domestic, hotel and hospital hot water systems, *Journal of Applied Microbiology*, Volume98, Issue2, 373-379.
- [16] Grohmann, A. N., Jekel, M., Szewzyk, U., Szewzyk, R. (2011). WASSER - CHEMIE, MIKROBIOLOGIE UND NACHHALTIGE NUTZUNG. Berlin, Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, 162-226.
- [17] DIN - Deutsches Institut für Normung e.V. (2019). DIN EN ISO 11731 - Wasserbeschaffenheit – Zählung von Legionellen (ISO 11731:2017). Berlin, Beuth Verlag GmbH.

- [18] Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Neufassung). ABl. L 435 vom 23.12.2020.
- [19] Grabow, W.O.K. (2001). Bacteriophages: update on application as models for viruses in water. *WaterSA* 27 (2), 251-268.
- [20] Umweltbundesamt UBA (2015). Empfehlung des Umweltbundesamtes: Vorgehen zur quantitativen Risikobewertung mikrobiologischer Befunde im Rohwasser sowie Konsequenzen für den Schutz des Einzugsgebietes und für die Wasseraufbereitung. *Bundesgesundheitsbl* 2014 57, 1024-1230.
- [21] European Food Safety Authority - efsa. Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs [Online]. Available: <https://www.efsa.europa.eu/de/topics/topic/bisphenol>. Zugriff am 20. März 2021.
- [22] EFSA Scientific Committee. (2013). Scientific Opinion on the hazard assessment of endocrine disruptors: Scientific criteria for identification of endocrine disruptors and appropriateness of existing test methods for assessing effects mediated by these substances on human health and the environment. *EFSA Journal* Volume 11, Issue 3: 3132.
- [23] Konieczna, A., Rutkowska, A., & Rachoń, D. (2015). Health risk of exposure to Bisphenol A (BPA). *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, 66(1), 5–11.
- [24] Richtlinie 2011/8/EU der Kommission vom 28. Januar 2011 zur Änderung der Richtlinie 2002/72/EG hinsichtlich der Beschränkung der Verwendung von Bisphenol A in Säuglingsflaschen aus Kunststoff , ABl. L 26 vom 29.1.2011, 11–14.
- [25] Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit – LGL. (2020). Bisphenole [Online]. Available: [https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/chemie/toxische\\_reaktionsprodukte/bpa/index.htm](https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/chemie/toxische_reaktionsprodukte/bpa/index.htm). Zugriff am 13. Januar 2021.

- [26] BUND-Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. Bisphenol A in Trinkwasserleitungen [Online]. Available: <https://www.bund.net/themen/chemie/hormonelle-schadstoffe/bisphenol-a/trinkwasserleitungen/> Zugriff am 13. Januar 2021.
- [27] Al-Otoum, F., Al-Ghouti, M. A., Ahmed, T. A., Abu-Dieyeh, M., & Ali, M. (2016). Disinfection by-products of chlorine dioxide (chlorite, chlorate, and trihalomethanes): Occurrence in drinking water in Qatar. *Chemosphere*, 164, 649–656.
- [28] EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain). (2015). Scientific Opinion on risks for public health related to the presence of chlorate in food. *EFSA Journal*, 13( 6): 4135. 1-103.
- [29] McCarthy, W.P., O'Callaghan, T. F., Danahar, M., Gleeson, D., O'Connor, C., Fenelon, M. A., Tobin, J. T. (2018). Chlorate and Other Oxychlorine Contaminants Within the Dairy Supply Chain. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Volume17, Issue 6, 1561-1575.
- [30] Parvez, S., Ashby, J.L., Kimura, S.Y., Richardson, S.D. (2019). Exposure Characterization of Haloacetic Acids in Humans for Exposure and Risk Assessment Applications: An Exploratory Study. *International journal of environmental research and public health*, 16(3), 471.
- [31] Kimura, S.Y., Zheng, W.W., Hipp, T.N., Allen, J.M., Richardson, S.D. (2017). Total organic halogen (TOX) in human urine: A halogen-specific method for human exposure studies. *Journal of environmental sciences (China)*, 58, 285–295.
- [32] Dad, A., Jeong, C.H., Wagner, E.D., Plewa, M.J. (2018). Haloacetic Acid Water Disinfection Byproducts Affect Pyruvate Dehydrogenase Activity and Disrupt Cellular Metabolism. *Environmental Science & Technology*, 52 (3), 1525–1532.
- [33] Falconer, I. R., Humpage, A. R. (2005). Health risk assessment of cyanobacterial (blue-green algal) toxins in drinking water. *International journal of environmental research and public health*, 2(1), 43–50.

- [34] World Health Organization – WHO. (2003). Cyanobacterial toxins: Microcystin-LR in Drinking-Water - Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. 1-5.
- [35] Umweltbundesamt – UBA. (2015). Cyanobakterien [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasserforschung-im-uba/cyanocenter/cyanobakterien#gesundheitsrisiko-durch-giftige-cyanobakterien>. Zugriff am 13. Januar 2021.
- [36] Umweltbundesamt – UBA. (2015). Empfehlung zum Schutz von Badenden vor Cyanobakterien-Toxinen. Bundesgesundheitsbl 58:908–920.
- [37] World Health Organization - WHO, International Agency for Research on Cancer - IARC. (2010). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 94. Ingested nitrate and nitrite, and cyanobacterial peptide toxins. Lyon.
- [38] Buck, R.C., Franklin, J., Berger, U., Conder, J.M., Cousins, I.T., de Voogt, P., Jensen, A.A., Kannan, K., Mabury, S.A., van Leeuwen, S. P. (2011). Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification, and origins, Integrated Environmental Assessment and Management, Volume7, Issue4, October 2011, 513-541.
- [39] European Food Safety Authority - EFSA. (2018). Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. EFSA Journal, 16(12), 5194.
- [40] Seyoum, A., Pradhan, A., Jass, J., Olsson, P.E. (2020). Perfluorinated alkyl substances impede growth, reproduction, lipid metabolism and lifespan in *Daphnia magna*. Science of the Total Environment, 737:139682. 1-10.
- [41] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches – DVGW. (2020). Hintergrundinformationen zu per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS). 1-7.

- [42] Richtlinie 2006/122/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zur dreißigsten Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (Perfluorooctansulfonate), ABl. L 372 vom 27. 12. 2006, 32–34.
- [43] Kölle, W. (2017). Wasseranalysen - richtig beurteilt - Grundlagen, Parameter, Wassertypen, Inhaltsstoffe. Weinheim, Wiley-VCH, 99-320.
- [44] Schweizerische Eidgenossenschaft - Eidgenössisches Departement des Inneren EDI - Bundesamt für Gesundheit BAG. (2010). Anerkannte Aufbereitungsverfahren für Trinkwasser. 8-80.
- [45] Schwartz, J., Levin, R., Goldstein, R. (2000). Drinking water turbidity and gastrointestinal illness in the elderly of Philadelphia *Journal of Epidemiology & Community Health*;54:45-51.
- [46] Forghani, M., Sadeghi, G., Peyda, M. (2018). The Presence of 17 Beta-Estradiol in the Environment: Health Effects and Increasing Environmental Concerns. *Health International Journal of Epidemiologic Research*. 5., 151-158.
- [47] Clara, M., Hartmann, C., Deutsch, K. (2019). Arzneimittelwirkstoffe und Hormone in Fließgewässern - GZÜV Sondermessprogramm 2017/2018. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien, 17-25.
- [48] Yin, G. G., Kookana, R. S., Ru, Y. J. (2002). Occurrence and fate of hormone steroids in the environment. *Environment international*, 28(6), 545–551.
- [49] Tettenborn, F., Marscheider-Weidemann, F., Hillenbrand, T. (2012). Entwicklung europäischer Leitlinien für die Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste gemäß Art. 5 (1) und 5 (6) der Tochterrichtlinie zu prioritären Stoffen; Anhang A, Leitlinie für die Bestandsaufnahme gefährlicher Stoffe. Umweltbundesamt-UBA; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), 3-7.

- [50] Araujo, F.G., Bauerfeldt, G.F., Cid, Y.P. (2017). Nonylphenol: Properties, legislation, toxicity and determination. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90 (2, Suppl. 1), 1903-1918.
- [51] Sieg, H., Böhmert, L., Lampen, A. (2019). Mikroplastik in Lebensmitteln: orale Aufnahme, Toxikologie und Risikobewertung. *Umid Nr.1/2019*, 1-36.
- [52] European Food Safety Authority – EFSA. (2016). Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *Volume14, Issue6*, e04501.
- [53] Bollaín Pastor, C., Vicente Agulló, D. (2019). Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública [Presence of microplastics in water and the potential impact on public health]. *Revista española de salud publica*, 93, e201908064.
- [54] World Health Organization – WHO. (2019). Microplastics in drinking-water. *Genf*, 1-72.
- [55] Bundesinstitut für Risikobewertung - BfR. (2004). Uran in natürlichen Mineral- und anderen, zum Verzehr bestimmten Wässern. *Stellungnahme des BfR*. 1-9.
- [56] Banning, A., Benfer, M. (2017). Drinking Water Uranium and Potential Health Effects in the German Federal State of Bavaria. *International journal of environmental research and public health*, 14(8), 927.
- [57] Konietzka R. (2015). Gastrointestinal absorption of uranium compounds--a review. *Regulatory toxicology and pharmacology : RTP*, 71(1), 125–133.
- [58] Arzuaga, X., Gehlhaus, M., Strong, J. (2015). Modes of action associated with uranium induced adverse effects in bone function and development. *Toxicology letters*, 236(2), 123–130.
- [59] Umweltbundesamt - UBA, Dienemann, C., Utermann, J. (2012). Uran in Boden und Wasser. *Texte 37/2012*, Dessau-Roßlau.



- [60] Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TWV), StF: BGBl. II Nr. 304/2001, letzte Änderung BGBl. II Nr. 362/2017, 2001.
  
- [61] Eidgenössisches Departement des Innern – EDI. (2016). Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV) AS 2017 1023, (Stand am 01. August 2021).
  
- [62] Ahrendt, L., Feuerpfeil, I., Grummt, T., Hummel, A., Mahabadi, M., Ochsenbauer, C., Pelzer, K., Schaper, H.-H., Stottmeister, E., Szewzyk, R., Vigelah, L. Weilandt, M. (2006). Rund um das Badewasser. Umweltbundesamt - UBA, 24- 29.
  
- [63] Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz - IfSG) Infektionsschutzgesetz vom 20. Juli 2000 (BGBl. I S. 1045), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 7. Mai 2021 (BGBl. I S. 850) geändert worden ist, 2000.
  
- [64] Umweltbundesamt – UBA. (2014). Hygieneanforderungen an Bäder und deren Überwachung - Empfehlung des Umweltbundesamtes (UBA) nach Anhörung der Schwimm- und Badebeckenwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) bei Umweltbundesamt. Bundesgesundheitsbl 2014 57, 258-279.
  
- [65] Bundesgesetz über Hygiene in Bädern, Warmsprudelwannen (Whirlwannen), Saunaanlagen, Warmluft- und Dampfbädern sowie Kleinbadeteichen und über die Wasserqualität von Badegewässern (Bäderhygienegesetz – BHygG) StF: BGBl. Nr. 254/1976, (1976).
  
- [66] Verordnung des Bundesministers für Gesundheit über Hygiene in Bädern, Warmsprudelwannen (Whirlwannen), Saunaanlagen, Warmluft- und Dampfbädern und Kleinbadeteichen (Bäderhygieneverordnung 2012 – BHygV 2012) StF: BGBl. II Nr. 321/2012 idF BGBl. II Nr. 15/2014, (2012).

- [67] Austrian Standards International. (2016). ÖNORM M 6215 - Anforderungen an die Beschaffenheit des Wassers von Hallen-, Frei- und Therapiebecken.
- [68] Schweizer Norm - SIA. (2011). SIA 385/9 Wasser und Wasseraufbereitungsanlagen in Gemeinschaftsbädern - Anforderungen und ergänzende Bestimmung für Bau und Betrieb. Zürich.
- [69] Khan F.M., Gupta R. (2020) *Escherichia coli* (E. coli) as an Indicator of Fecal Contamination in Groundwater: A Review. In: Jeon HY. (eds) *Sustainable Development of Water and Environment*. ICSDWE 2020. Environmental Science and Engineering. Springer, Cham.
- [70] Lee, K., Yoon, S. S. (2017). *Pseudomonas aeruginosa* Biofilm, a Programmed Bacterial Life for Fitness. *Journal of microbiology and biotechnology*, 27(6), 1053–1064.
- [71] Guida, M., Di Onofrio, V., Gallè, F., Gesuele, R., Valeriani, F., Liguori, R., Romano Spica, V., & Liguori, G. (2016). *Pseudomonas aeruginosa* in Swimming Pool Water: Evidences and Perspectives for a New Control Strategy. *International journal of environmental research and public health*, 13(9), 919.
- [72] Wyczarska-Kokot, J., Lempart-Rapacewicz, A., Dudziak, M., Łaskawiec, E. (2020). Impact of swimming pool water treatment system factors on the content of selected disinfection by-products. *Environmental Monitoring and Assessment* 192(11), 722.
- [73] nordlab. (2020). Schwimmbadwasseranalysen. [Online]. Available:<https://www.nordlab.de/index.php/de/laborbereiche/wasserlabor/schwimmbadewasser>. Zugriff am 03. Juli 2021.

- [74] Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Umweltschutz. SAK436 - Absorption von sichtbarem Licht [Online]. Available: [https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/wasser/grundwasser/grundwasserbericht\\_niedersachsen/grundwasserbeschaffenheit/guteparameter/erganzungsprogramm\\_des\\_nlwkn/sak436\\_absorption\\_von\\_sichtbarem\\_licht/sak436-137666.html](https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/wasser/grundwasser/grundwasserbericht_niedersachsen/grundwasserbeschaffenheit/guteparameter/erganzungsprogramm_des_nlwkn/sak436_absorption_von_sichtbarem_licht/sak436-137666.html). Zugriff am 30. Mai 2021.
- [75] Universitätsklinikum Schleswig Holstein, Schwimm- und Badebeckenwasser. [Online]. Available: <https://www.uksh.de/hygiene-kiel/-p-86.html>. Zugriff am 01. August 2021.
- [76] World Health Organization – WHO. (2006). Guidelines for safe recreational water environments, VOLUME 2 SWIMMING POOLS AND SIMILAR ENVIRONMENTS. Genf, 66.
- [77] Gansloser, G., Hässelbarth, U., Roeske, W. (1999). Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser nach DIN 19643. Berlin, Beuth Verlag GmbH.
- [78] Lindemann, D. (2021). Bädertechnik für Betrieb und Ausbildung, Wolfhagen: Litho-Verlag e.K., 177-179.
- [79] Deutsches Institut für Normung e.V. - DIN. (2005). DIN 38409-7 Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung- Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H) - Teil 7: Bestimmung der Säure- und Basekapazität (H 7). Beuth Verlag, Berlin.
- [80] Dr. Dygutsch, D.P. (2012). Inhaltsstoffe im Beckenwasser - Herkunft und Bedeutung der in der Schwimmbadampel aufgeführten Parameter. Dr. Nüsken Chemie GmbH., 49-50.
- [81] Wisotzky, F., Cremer, N., Lenk, S. (2018). Angewandte Grundwasserchemie, Hydrogeologie und hydrogeochemische Modellierung: Grundlagen, Anwendungen und Problemlösungen. Springer Verlag, 464-519.

- [82] Wyczarska-Kokot, J. (2015). Comparison of chloramine concentration in swimming pool water depending on swimming pool intended use. *Ecological Chemistry and Engineering A*, Vol. 22, Nr 1, 27-37.
- [83] Swinarew, A. S., Stanula, A. J., Gabor, J., Raif, P., Paluch, J., Karpiński, J., Kubik, K., Okła, H., Ostrowski, A., Tkacz, E., Skoczyński, S., Waśkiewicz, Z., Rosemann, T., Nikolaidis, P. T., & Knechtle, B. (2020). The influence of chlorine in indoor swimming pools on the composition of breathing phase of professional swimmers. *Respiratory research*, 21(1), 88.
- [84] Andersson, M., Backman, H., Nordberg, G., et al. (2018). Early life swimming pool exposure and asthma onset in children - a case-control study. *Environmental Health*, 17(1), 34.
- [85] World Health Organization - WHO. (2003). Chloride in Drinking-water - Background document for development WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Genf.
- [86] Fink, P., Zürcher, H., (HK&T Kannewischer Ingenieurbüro AG). (2018). Einfluss des Chlorid-Gehaltes auf Korrosionsprobleme bei Betonbauwerken und Stahlkonstruktionen - Chloride im Hallen- und Freibad. *SVG-Journal* 03/2018, 26-30.
- [87] World Health Organization – WHO. (2005). Trihalomethanes in Drinking-water - Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Genf, 1.
- [88] Ratajczak, K., Pobudkowska, A. (2020). Pilot Test on Pre-Swim Hygiene as a Factor Limiting Trihalomethane Precursors in Pool Water by Reducing Organic Matter in an Operational Facility. *International journal of environmental research and public health*, 17(20), 7547.
- [89] Sadeghi, H., Nasser, S., Yunesian, M., Mahvi, A. H., Nabizadeh, R., Alimohammadi, M. (2019). Trihalomethanes in urban drinking water: measuring exposures and assessing carcinogenic risk. *Journal of environmental health science & engineering*, 17(2), 619–632.

- [90] Michalski, R., Mathews, B. (2007). Occurrence of chlorite, chlorate and bromate in disinfected swimming pool water. *Polish Journal of Environmental Studies*. 16, 237-241.
- [91] Kolli, R. T., Glenn, T. C., Brown, B. T., Kaur, S. P., Barnett, L. M., Lash, L. H., & Cummings, B. S. (2019). Bromate-induced Changes in p21 DNA Methylation and Histone Acetylation in Renal Cells. *Toxicological sciences: an official journal of the Society of Toxicology*, 168(2), 460–473.
- [92] Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Chlorat und Perchlorat in Lebensmitteln [Online]. Available: [https://www.laves.niedersachsen.de/startseite/lebensmittel/ruckstande\\_verunreinigungen/chlorat-und-perchlorat-in-lebensmitteln-190767.html](https://www.laves.niedersachsen.de/startseite/lebensmittel/ruckstande_verunreinigungen/chlorat-und-perchlorat-in-lebensmitteln-190767.html). Zugriff am 13. Mai 2021.
- [93] Dr. Nüsken Chemie GmbH. (2012). Chlorit und Chlorat im Badebeckenwasser. Kamen.
- [94] Khairul, I., Wang, Q. Q., Jiang, Y. H., Wang, C., Naranmandura, H. (2017). Metabolism, toxicity and anticancer activities of arsenic compounds. *Oncotarget*, 8(14), 23905–23926.
- [95] Parrat, J., Donzé, G., Iseli, C., Perret, D., Tomicic, C., Schenk, O. (2012). Assessment of Occupational and Public Exposure to Trichloramine in Swiss Indoor Swimming Pools: A Proposal for an Occupational Exposure Limit. *The Annals of Occupational Hygiene*, Volume 56, Issue 3, 264–277.
- [96] Österreichisches Lebensmittelbuch, IV. Auflage, Codexkapitel / B 1 / Trinkwasser, Veröffentlicht mit Geschäftszahl: BMGFJ-75210/0009-IV/B/7/2007 vom 15.6.2007, letzte Änderung BMASGK-75210/0004-IX/B/13/2019 vom 5.7.2019.
- [97] Schweizerische Eidgenossenschaft, Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV) vom 16. Dezember 2016 (Stand am 1. Juli 2020), SR 817.02.

- [98] Eidgenössisches Departement des Innern EDI - Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV. (2020). Erläuternder Bericht zu den Änderungen der Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV).
- [99] Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW. (2005). Richtlinie W1 über die Qualitätsüberwachung in der Trinkwasserversorgung. Zürich, 12-23.
- [100] Kober, E., Prein, T. (2019). Beurteilung von Wasserverlusten mit dem Infrastructure Leakage Index (ILI). energie / wasser-praxis Nr.05/2019. 10-13.
- [101] Österreichische Agentur für Arbeitssicherung - AGES. (2020). Enterokokken. [Online]. Available: <https://www.ages.at/themen/krankheitserreger/enterokokken/>. Zugriff am 23. Mai 2021.
- [102] Bundesministerium für Gesundheit. (2003). Bäderhygienegesetz - BHygG, BGBl. Nr. 254/1976 idF BGBl. I Nr. 42/2012 Bäderhygieneverordnung 2012 - BHygV 2012, BGBl. II Nr. 321/2012 Beurteilung von Wasser aus der Wasseraufbereitungsanlage vor Chlorung Erlass. Wien.
- [103] Stadtwerke Waiblingen. (2020). Information zum Waiblinger Trinkwasser [Online]. Available: <https://www.stadtwerke-waiblingen.de/trinkwasserqualitaetanalysen.html?file=files/Medien/PDFs/Trinkwasseranalysen%202020%20%28Presserveroeffentlichung%29.pdf>. Zugriff am 18. Februar 2021.
- [104] AVG Ihre Stadtwerke. (2020). Aktuelle Analyse für das Aschaffenburg Trinkwasser [Online]. Available: <https://www.stwab.de/Energie-Wasser/Wasser/Wasseranalyse/Wasseranalyse/Trinkwasseranalyse.pdf>. Zugriff am 18. Februar 2021.
- [105] sw Augsburg. (2020). Augsburger Trinkwasser-die Analyse [Online]. Available: [https://www.sw-augsburg.de/fileadmin/content/2\\_Wasser/Trinkwasseranalyse\\_28.08.2020.pdf](https://www.sw-augsburg.de/fileadmin/content/2_Wasser/Trinkwasseranalyse_28.08.2020.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.

- [106] Stadtwerke Bayreuth. (2018). Trinkwasseranalyse: Hochbehälter Hohe Warte II, Abgabe Stadt [Online]. Available: [https://www.stadtwerke-bayreuth.de/fileadmin/user\\_upload/wasser/trinkwasseranalyse-hohe-warte.pdf](https://www.stadtwerke-bayreuth.de/fileadmin/user_upload/wasser/trinkwasseranalyse-hohe-warte.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.
- [107] Stadtwerke Bad Reichenhall. (2019). Prüfbericht: Parameter der Gruppe B gemäß TrinkwV, Ortsnetz Bad Reichenhall, Stadtwerke [Online]. Available: <https://www.stadtwerke-bad-reichenhall.de/medien/trinkwasseranalyse-2019.pdf?1571992570>. Zugriff am 18. Februar 2021.
- [108] Erlanger Stadtwerke AG. (2019). Analysen des Erlanger Trinkwassers [Online]. Available: <https://www.estw.de/de/Energie-Wasser/Wasser/Trinkwasserqualitaet/Trinkwasserqualitaet1/Analysenblatt-ERLNG-2019-V001.pdf>. Zugriff am 18. Februar 2021.
- [109] Freisinger Stadtwerke. (2019). Trinkwasseranalyse [Online]. Available: <https://www.freisinger-stadtwerke.de/de/Administration/Auszeichnungen-Referenzierter-Content/Linke-Seite/Trinkwasseranalyse-Nov-2019-fuer-2020-final.pdf>. Zugriff am 18. Februar 2021.
- [110] Stadtwerke Neuburg a.d. Donau. (2020). Befund der Wasseruntersuchung [Online]. Available: [https://www.stw-nd.de/wp-content/uploads/2020/07/Wasseranalyse\\_Bittenbrunn\\_2020.pdf](https://www.stw-nd.de/wp-content/uploads/2020/07/Wasseranalyse_Bittenbrunn_2020.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.
- [111] Stadtwerke Pfaffenhofen. (2020). Befunde der Wasseruntersuchung [Online]. Available: [https://www.stadtwerke-pfaffenhofen.de/upload/files/Befund\\_der\\_Wasseruntersuchung\\_Hochbehaelter\\_West\\_2020.pdf](https://www.stadtwerke-pfaffenhofen.de/upload/files/Befund_der_Wasseruntersuchung_Hochbehaelter_West_2020.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.
- [112] Stadtwerke Heidenheim. (2019). Trinkwasseranalyse Versorgungsgebiet Heidenheim [Online]. Available: [https://www.stadtwerke-heidenheim.de/images/swhag\\_downloads/gesetze-verordnungen/wasser/Wasseranalyse\\_2019-11.pdf](https://www.stadtwerke-heidenheim.de/images/swhag_downloads/gesetze-verordnungen/wasser/Wasseranalyse_2019-11.pdf). Zugriff am 21. Februar 2021.
- [113] Stadtwerke Amberg. (2020). Wasseranalyse [Online]. Available: [https://www.stadtwerke-amberg.de/files/Wasser\\_/Wasseranalyse\\_Engelsdorf\\_Urspring.pdf](https://www.stadtwerke-amberg.de/files/Wasser_/Wasseranalyse_Engelsdorf_Urspring.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.

- [114] Stadtwerke Cham. (2021). Prüfbericht; HB Chammünster; Abgabe Netz [Online]. Available: [https://www.stadtwerkecham.de/tl\\_files/stadtwerke\\_cham/upload/Wasser/Analyse\\_Qualitaet/Trinkwasseruntersuchungen\\_05\\_2021.pdf](https://www.stadtwerkecham.de/tl_files/stadtwerke_cham/upload/Wasser/Analyse_Qualitaet/Trinkwasseruntersuchungen_05_2021.pdf). Zugriff am 18. August 2021.
- [115] Stadtwerke Donauwörth. (2020). Chemische Analyse 24.06.2020 bis 01.07.2020 [Online]. Available: [https://www.donauwoerth.de/fileadmin/user\\_upload/Rathaus/Stadtwerke/Trinkwasseranalysen/chemische\\_Analyse\\_20200604\\_20200701.pdf](https://www.donauwoerth.de/fileadmin/user_upload/Rathaus/Stadtwerke/Trinkwasseranalysen/chemische_Analyse_20200604_20200701.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.
- [116] Stadtwerke Erding. (2020). Trinkwasseranalyse [Online]. Available: <https://www.stadtwerke-erding.de/de/Wasser/Wasserqualitaet/Wasserqualitaet/Trinkwasseranalyse-WVE-2020.pdf>. Zugriff am 18. Februar 2021.
- [117] Stadtwerke Fürstenfeldbruck. (2020). Trinkwasseranalyse [Online]. Available: [https://www.stadtwerke-ffb.de/stwf/wasser/trinkwasseranalyse/BEFUND30\\_W-1539065\\_Vers\\_1.pdf](https://www.stadtwerke-ffb.de/stwf/wasser/trinkwasseranalyse/BEFUND30_W-1539065_Vers_1.pdf). Zugriff am 21. Februar 2021.
- [118] Stadtwerke Hof. (2020). Prüfbericht: Parameter der Gruppe B der TrinkwV Ortsnetz Döhlau [Online]. Available: [https://www.stadtwerke-hof.de/fileadmin/user\\_upload/02\\_2021\\_2020.03.24-Ortsnetz\\_D%C3%B6hlau\\_\\_Rathaus\\_.pdf](https://www.stadtwerke-hof.de/fileadmin/user_upload/02_2021_2020.03.24-Ortsnetz_D%C3%B6hlau__Rathaus_.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.
- [119] Stadtwerke Lichtenfels. (2020). Wasseranalyse Lichtenfels Rathaus [Online]. Available: [https://www.stadtwerke-lichtenfels.de/fileadmin/content/wasser/Wasseranalysen/Wasseranalyse\\_Lichtenfels\\_Gruppe\\_AB\\_ohne\\_PSM\\_2020\\_09\\_24.pdf](https://www.stadtwerke-lichtenfels.de/fileadmin/content/wasser/Wasseranalysen/Wasseranalyse_Lichtenfels_Gruppe_AB_ohne_PSM_2020_09_24.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.
- [120] Stadtwerke Memmingen. (2020). Trinkwasseranalyse [Online]. Available: [https://stadtwerke-memmingen.de/fileadmin/Wasser/PDF/2020\\_Trinkwasseranalyse.pdf](https://stadtwerke-memmingen.de/fileadmin/Wasser/PDF/2020_Trinkwasseranalyse.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.
- [121] Steinwaldgruppe. (2021). Prüfbericht: Gruppe A und Gruppe B der TrinkwV [Online]. Available: [http://www.steinwaldgruppe.de/files/untersuchungsbefunde\\_oed.pdf](http://www.steinwaldgruppe.de/files/untersuchungsbefunde_oed.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.



- [122] Stadtwerke Straubing. (2020). Untersuchungsbefund Trinkwasser [Online]. Available: <https://www.stadtwerke-straubing.com/filesserver/ar040032/filesdb/Untersuchungsbefund%20Trinkwasser%20Dez%202020.pdf>. Zugriff am 18. Februar 2021.
- [123] Stadtwerke Traunstein. (2020). Prüfbericht: Parameter der Gruppe A und B der TrinkwV; Ortsnetz Traunstein [Online]. Available: [https://www.sw-traunstein.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/netz/Trinkwasseruntersuchung\\_Mai\\_2020.pdf](https://www.sw-traunstein.de/fileadmin/user_upload/downloads/netz/Trinkwasseruntersuchung_Mai_2020.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.
- [124] Stadtwerke Weilheim. (2020). PRÜFBERICHT 1563271 - 571962 [Online]. Available: [https://www.stawm.de/fileadmin/Webdata/downloads/wasser/Trinkwasseranalyse\\_10\\_2020.pdf](https://www.stawm.de/fileadmin/Webdata/downloads/wasser/Trinkwasseranalyse_10_2020.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.
- [125] Würzburger Versorgungs- und Verkehrs-GmbH. (2020). Analysewerte 2020 Hochbehälter Galgenberg. [Online]. Available: [https://www.wvv.de/de/media/downloads/downloadcenter/hauptnavigation/energie\\_wasser/privatkunden/wissenswertes\\_1/trinkwasseranalysewerte/analysewerte-aus-dem-hochbehaelter-galgenberg.pdf](https://www.wvv.de/de/media/downloads/downloadcenter/hauptnavigation/energie_wasser/privatkunden/wissenswertes_1/trinkwasseranalysewerte/analysewerte-aus-dem-hochbehaelter-galgenberg.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.
- [126] Stadtwerke Ludwigsburg. (2019). Analyse des Trinkwassers in Ludwigsburg. [Online]. Available: <https://www.swlb.de/de/Produkte/Wasser/Qualitaet-und-Wasserhaerte/Lebensmittel-Nummer-1/Trinkwasser-Analyse-2019.pdf>. Zugriff am 18. Februar 2021.
- [127] Stadtwerke Schwäbisch Gmünd. (2019). Trinkwasseranalyse. [Online]. Available: [https://www.stwgd.de/files/stadtwerke\\_gd/userfiles/pdf/Netz/Wasser/Trinkwasseranalyse/Trinkwasseranalyse\\_2019.pdf](https://www.stwgd.de/files/stadtwerke_gd/userfiles/pdf/Netz/Wasser/Trinkwasseranalyse/Trinkwasseranalyse_2019.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.
- [128] Stadtwerke Karlsruhe. (2019). Wasserqualität des Trinkwassers aus den Karlsruher Wasserwerken. [Online]. Available: <https://www.stadtwerke-karlsruhe.de/swk-media/docs/service/infomaterial/produkte/Trinkwasser-Jahresmittelwerte-KA.pdf>. Zugriff am 18. Februar 2021.

- [129] Stadtwerke Esslingen. (2018). Trinkwasseranalyse. [Online]. Available: <https://www.swe.de/de/Energie-Wasser/Wasser/Qualitaet/Beste-Wasserqualitaet/Trinkwasseranalyse-LW-2018.pdf>. Zugriff am 18. Februar 2021.
- [130] Wasserversorgung Ulmer Alb. (2019). ANALYSE DES TRINKWASSERS – MITTELWERTE 2019. [Online]. Available: [https://www.wv-ulmeralb.de/upload/document/05.4002\\_trinkwasseranalyse\\_mittelwerte-2019.pdf](https://www.wv-ulmeralb.de/upload/document/05.4002_trinkwasseranalyse_mittelwerte-2019.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.
- [131] Wasserversorgung SÜC Coburg. (2020). Prüfbericht 21/01/2101020. [Online]. Available: <https://www.suec.de/de/Trinkwasser/Trinkwasser-Qualitaet-und-Informationen/Trinkwasseranalysen/21-01020-Wasserwerk-Cortendorf-Gr-AB-in-3-Pr-Ka.pdf>. Zugriff am 21. Februar 2021.
- [132] Zweckverband Wasserversorgung Oberes Allgäu. (2020). Prüfbericht Brunnen IV, Ortwang. [Online]. Available: <https://www.fernwasser-allgaeu.de/wp-content/uploads/Analyse-Brunnen-Ortwang-Zweckverband-Fernwasser-Oberes-Allgaeu.pdf>. Zugriff am 21. Februar 2021.
- [133] Netze BW. (2019). Analyse der Stuttgarter Trinkwässer Mittelwerte 2019. [Online]. Available: [https://assets.ctfassets.net/xytfb1vrn7of/4R66LEj2LkqkTSQryEw6L4/78690734b4d9342a275d927423524975/NWA\\_MW-Analyse-2019-beide\\_Wasserarten.pdf](https://assets.ctfassets.net/xytfb1vrn7of/4R66LEj2LkqkTSQryEw6L4/78690734b4d9342a275d927423524975/NWA_MW-Analyse-2019-beide_Wasserarten.pdf). Zugriff am 18. Februar 2021.
- [134] e.wa riss GmbH & Co. KG. (2020). Prüfbericht: Parameter der Gruppe A und B gemäß TrinkwV Hochbehälter Jordanberg. [Online]. Available: <https://www.ewa-riss.de/de/Wasser/Trinkwasserqualitaet/Trinkwasserqualitaet/Trinkwasseranalyse-ewariss-Hochbehaelter-Jordanberg-Juli2020.pdf>. Zugriff am 21. Februar 2021.

- [135] Stadtwerke Pforzheim. (2020). Trinkwasser-Vollanalyse. [Online]. Available: [https://www.stadtwerke-pforzheim.de/fileadmin/pdfs\\_wasserhaerte/Trinkwasser\\_Vollanalyse\\_WW\\_Friedrichsberg\\_Gruppe\\_AB\\_2020-05-18.pdf](https://www.stadtwerke-pforzheim.de/fileadmin/pdfs_wasserhaerte/Trinkwasser_Vollanalyse_WW_Friedrichsberg_Gruppe_AB_2020-05-18.pdf). Zugriff am 21. Februar 2021.
- [136] Energieversorgung Rottweil. (2020). Trinkwasserqualität. [Online]. Available: <https://www.enrw.de/ceasy/resource/?id=1596-0&download=1>. Zugriff am 21. Februar 2021.
- [137] Stadtwerke Villingen-Schwenningen. (2020). Prüfbericht. [Online]. Available: [https://www.svs-energie.de/fileadmin/user\\_upload/PrivatGeschaefstkunden/Wasser/Haerte-und-Qualitaet/2020\\_HB\\_Pfaffenweiler.pdf](https://www.svs-energie.de/fileadmin/user_upload/PrivatGeschaefstkunden/Wasser/Haerte-und-Qualitaet/2020_HB_Pfaffenweiler.pdf). Zugriff am 21. Februar 2021.
- [138] Stadtwerke Tübingen. (2019). Trinkwasserbericht 2019. [Online]. Available: [https://www.swtue.de/fileadmin/user\\_upload/7Wasser/SWT\\_TWB\\_2019\\_Web\\_200709.pdf](https://www.swtue.de/fileadmin/user_upload/7Wasser/SWT_TWB_2019_Web_200709.pdf). Zugriff am 21. Februar 2021.
- [139] Stadtwerke Bad-Tölz. (2019). Prüfbericht 2019061915. [Online]. Available: [https://stw-toelz.de/fileadmin/Bilder/Trinkwasser/PDF/2019\\_Wasseranalyse.pdf](https://stw-toelz.de/fileadmin/Bilder/Trinkwasser/PDF/2019_Wasseranalyse.pdf). Zugriff am 21. Februar 2021.
- [140] Energieversorgung Filstal. (2020). Trinkwasseranalyse 2020. [Online]. Available: <https://evf.de/dateien/privatkunden/wasser/wasseranalyse-2020.pdf>. Zugriff am 21. Februar 2021.
- [141] Stadtwerke Mühldorf am Inn. (2020). Analyse. [Online]. Available: <https://stadtwerke-muehldorf.de/wasser/analyse/>. Zugriff am 21. Februar 2021.
- [142] Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm. (2020). Analysedaten des Trinkwassers im Versorgungsgebiet der Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm Netze GmbH. [Online]. Available: <https://www.swu.de/fileadmin/content/energie-wasser/wasser/SWU-Trinkwasser-Analysedaten.pdf>. Zugriff am 21. Februar 2021.

- [143] N-Ergie. (2020). Analysewerte Trinkwasser. [Online]. Available: [https://www.n-ergie.de/public/remotemedien/media/n\\_ergie/internet/privatkunden/produkte/wasser\\_1/01-03-400-0008-0004\\_Trinkwasser-Analysewerte\\_2020.pdf](https://www.n-ergie.de/public/remotemedien/media/n_ergie/internet/privatkunden/produkte/wasser_1/01-03-400-0008-0004_Trinkwasser-Analysewerte_2020.pdf). Zugriff am 21. Februar 2021.
- [144] bnNetze. (2018). Trinkwasseranalyse Freiburg. [Online]. Available: <https://wasser.bnnetze.de/downloads/wasserversorgung/freiburg/trinkwasseranalyse-freiburg.pdf>. Zugriff am 21. Februar 2021.
- [145] Stadtwerke Bruchsal. (2020). Weiches Trinkwasser für Bruchsal. [Online]. Available: <https://www.stadtwerke-bruchsal.de/privatkunden/privatkunden-trinkwasser/#1566916525874-674af418-6657>. Zugriff am 21. Februar 2021.
- [146] Stadtwerke Konstanz. (2020). Prüfbericht. [Online]. Available: <https://www.stadtwerke-konstanz.de/fileadmin/pdf/UploadSWK/PDFs-Downloadcenter/Wasser/Werkstoffempfehlungen.pdf>. Zugriff am 21. Februar 2021.
- [147] mvv Netze. (2020). Untersuchung von Trinkwasser, Parameter Typ B. [Online]. Available: [https://www.mvv.de/fileadmin/user\\_upload\\_pk\\_gewk/pdf/Wasser/wasserqualitaet-kaefertal.pdf](https://www.mvv.de/fileadmin/user_upload_pk_gewk/pdf/Wasser/wasserqualitaet-kaefertal.pdf). Zugriff am 21. Februar 2021.
- [148] Offenburger Wasserversorgung. (2019). Trinkwasseranalyse. [Online]. Available: [https://www.offenburger-wasserversorgung.de/images/pdf/503962\\_32829\\_PRO\\_bnNETZE\\_AnaTriWas\\_OFF\\_4c\\_V01\\_Online.pdf](https://www.offenburger-wasserversorgung.de/images/pdf/503962_32829_PRO_bnNETZE_AnaTriWas_OFF_4c_V01_Online.pdf). Zugriff am 21. Februar 2021.
- [149] Stadtwerke Rastatt. (2019). Prüfbericht. [Online]. Available: <https://www.stadtwerke-rastatt.de/de/wasser/Wertvolles-Lebensmittel/Vollanalyse-Trinkwasser-Wasserwerk-Ottersdorf-Stand-18-3-201.pdf>. Zugriff am 21. Februar 2021.

- [150] Stadtwerke Sigmaringen. (2017). Prüfbericht. [Online]. Available: <https://www.stadtwerke-sigmaringen.de/de/Privatkunden/Energie-Wasser/Wasser/Trinkwasserqualitaet/Pruefbericht-Laiz/P117-25554-Perneu.pdf>. Zugriff am 21. Februar 2021.
- [151] Stadtwerke Waldshut-Tiengen. (2020). Jahresmittelwerte 2020 Trinkwasserversorgung Aichen, Witznau. [Online]. Available: <https://www.stadtwerke-wt.de/de/wasserwerk/Wasseranalyse-Aichen-Witznau.pdf>. Zugriff am 21. Februar 2021.
- [152] Stadtwerke Dingolfing. (2020). Analyse des Trinkwassers. [Online]. Available: <https://www.stadtwerke-dingolfing.de/upload/allgemein/Trinkwasseranalyse%202020%20-%20ausführlich.pdf>. Zugriff am 21. Februar 2021.
- [153] Stadt Ebersberg. (2020). PRÜFBERICHT 1573258 - 411772. [Online]. Available: [https://www.ebersberg.de/fileadmin/ebersberg/Rathaus\\_Service/Staedt.Einrichtungen/Trinkwasseruntersuchung4.2020.pdf](https://www.ebersberg.de/fileadmin/ebersberg/Rathaus_Service/Staedt.Einrichtungen/Trinkwasseruntersuchung4.2020.pdf). Zugriff am 21. Februar 2021.
- [154] Freisinger Stadtwerke. (2019). Trinkwasseranalyse. [Online]. Available: <https://www.freisinger-stadtwerke.de/de/Administration/Auszeichnungen-Referenzierter-Content/Linke-Seite/Trinkwasseranalyse-Nov-2019-fuer-2020-final.pdf>. Zugriff am 21. Februar 2021.
- [155] EMB Energieversorgung Miltenberg Bürgstadt GmbH & Co. KG. (2020). Wasseruntersuchung. [Online]. Available: <https://we-are-energy.de/wp-content/uploads/emb-breitendiel-2020-05-11-ortsnetz-breitendiel.pdf>. Zugriff am 21. Februar 2021.
- [156] swm-Stadtwerke München. (2021). Münchner Trinkwasser-Analysenwerte 2021. [Online]. Available: <https://www.swm.de/dam/doc/wasser/trinkwasser-analysewerte.pdf>. Zugriff am 21. Februar 2021.
- [157] Stadt Mindelheim. (2020). Prüfbericht. [Online]. Available: <https://www.mindelheim.de/sites/default/files/trinkwasseruntersuchung-mn-2020-09.pdf>. Zugriff am 21. Februar 2021.

- [158] Umweltbundesamt – UBA. (2018). Empfehlung des Umweltbundesamtes- Systemische Untersuchungen von Trinkwasserinstallationen auf Legionellen nach Trinkwasserverordnung - Probennahme, Untersuchungsgang und Angabe des Ergebnisses. Für Mensch & Umwelt, 1-11.
- [159] Austrian Standards International. (2020). ÖNORM B 5021:2020 08 01 Dezentrale Trinkwassererwärmungsanlagen - Mikrobiologische Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit und deren Überwachung.
- [160] Austrian Standards International. (2020). ÖNORM B 5019:2020-03-01 Hygienerelevante Planung, Ausführung, Betrieb, Überwachung und Sanierung von zentralen Trinkwasser-Erwärmungsanlagen.
- [161] Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW. (2020). Richtlinie W3/E3 Hygiene in Trinkwasserinstallationen.
- [162] Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW. (2021). W3/E4 Selbstkontrolle in Gebäude-Trinkwasserinstallationen.
- [163] Umweltbundesamt – UBA. (2014). Vorgehen zur quantitativen Risikobewertung mikrobiologischer Befunde im Rohwasser sowie Konsequenzen für den Schutz des Einzugsgebietes und für die Wasseraufbereitung. Bundesgesundheitsbl 2014 57: 1224-1230.
- [164] Verordnung (EG) Nr. 852/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über Lebensmittelhygiene ABl. L 139 vom 30.4.2004, die zuletzt durch Verordnung (EU) 2021/382 der Kommission vom 3. März 2021 zur Änderung der Anhänge der Verordnung (EG) Nr. 852/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates über Lebensmittelhygiene hinsichtlich des Allergenmanagements im Lebensmittelbereich, der Umverteilung von Lebensmitteln und der Lebensmittelsicherheitskultur, geändert worden ist. 1-54.
- [165] Matissek, R. (2020). Lebensmittelsicherheit - Kontaminanten - Rückstände - Biotoxine. Berlin, SpringerSpektrum, 4-30.

- [166] Kirby, R.M., Bartram, J., Carr, R. (2003). Water in food production and processing: quantity and quality concerns. Food Control 14, 283–299.
- [167] Bhagwat, V. R. (2019). Safety of Water Used in Food Production. Food Safety and Human Health, 219–247.
- [168] Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.
- [169] Richtlinie 2013/51/EURATOM des Rates vom 22. Oktober 2013 zur Festlegung von Anforderungen an den Schutz der Gesundheit der Bevölkerung hinsichtlich radioaktiver Stoffe in Wasser für den menschlichen Gebrauch.
- [170] Umweltbundesamt – UBA. (2014). Die Bedeutung von Chrom im Trinkwasser.
- [171] Schweizerische Eidgenossenschaft, Bundesamt für Umwelt – BAFU. (2019). Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz - Ergebnisse der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA, Stand 2016. Bern, 9-10.
- [172] World Health Organization – WHO. (2017). Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first. 178.
- [173] Umweltbundesamt – UBA. (2019). Bekanntmachung der Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß §11 der Trinkwasserverordnung - 21. Änderung. Für Mensch & Umwelt, 24-25.
- [174] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz) Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1408) geändert worden ist.
- [175] Bayerisches Landesamt für Umwelt - LFU-; Referat 95. (2018). Wasserverluste in der öffentlichen Wasserversorgung. Merkblatt Nr. 1.8/2

- [176] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) Referate RS II 2 und RS II 1 (N); Redaktion Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) Dr. Beyermann, Dr. Hofmann, Dr. Wittwer. (2017). Leitfaden zur Untersuchung und Bewertung von radioaktiven Stoffen im Trinkwasser bei der Umsetzung der Trinkwasserverordnung - Empfehlung von BMUB, BMG, BfS, UBA und den zuständigen Landesbehörden sowie DVGW und BDEW. 5-32.
- [177] Bayerisches Landesamt für Umwelt – LfU. Pflanzenschutzmittel [Online]. Available:  
[https://www.lfu.bayern.de/analytik\\_stoffe/mikroverunreinigungen\\_spuren\\_stoffe/pflanzenschutzmittel/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/mikroverunreinigungen_spuren_stoffe/pflanzenschutzmittel/index.htm). Zugriff am 20. Februar 2021.
- [178] Hauswirth, S. (2008). Dimethylsulfamid im Grund- und Trinkwasser – der Schadstoff des Jahres?. Gesundheitswesen 2008; 70-A38.
- [179] Umweltministerium Baden-Württemberg. (2001). Verordnung des Umweltministeriums über Schutzbestimmungen und die Gewährung von Ausgleichsleistungen in Wasser- und Quellenschutzgebieten (Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung - SchALVO) GBl. 2001, 145, ber. S. 414.
- [180] Dr. Bergmann, A., DI Böhm, K., Dr. Coja, T., DI Dr. Langer, I., DI Ledolter, P. (AGES, Institut für Pflanzenschutzmittel). (2014). Metaboliten im Grund- und Trinkwasser: biologischen und humantoxikologische Relevanz von Pflanzenschutzmittelwirkstoff-Metaboliten. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 73-77.
- [181] Schweizerische Eidgenossenschaft Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen. (2020). Chlorothalonil [Online]. Available:  
<https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaehrung/lebensmittelsicherheit/stoffe-im-fokus/pflanzenschutzmittel/chlorothalonil.html>. Zugriff am 20. Februar 2021.



- [182] Schweizerische Eidgenossenschaft - Bundesamt für Umwelt – BAFU. Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA [Online]. Available: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/fachinformationen/zustand-der-gewaesser/zustand-des-grundwassers/nationale-grundwasserbeobachtung-naqua.html>. Zugriff am 29. Mai 2021.
- [183] Schweizerische Eidgenossenschaft - Bundesamt für Umwelt – BAFU. Module TREND und SPEZ [Online]. Available: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/fachinformationen/zustand-der-gewaesser/zustand-des-grundwassers/nationale-grundwasserbeobachtung-naqua/module-trend-und-spez.html>. Zugriff am 29. Mai 2021.
- [184] Rechtsinformationssystem des Bundes – ris. Kommentare zur Neufassung der Bäderhygieneverordnung [Online]. Available: [https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/Begut/BEGUT\\_COO\\_2026\\_100\\_2\\_645640/COO\\_2026\\_100\\_2\\_645969.html](https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/Begut/BEGUT_COO_2026_100_2_645640/COO_2026_100_2_645969.html). Zugriff am 15. Januar 2021.
- [185] Wemhöner, U., Schartner C., Loishandl-Weisz, H., Schubert, G., Schedl, A. (2012). Metalle im Grundwasser in Österreich - Karten und Erläuterungen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 15-20.
- [186] Heilinger, E. (2021). Interview mit Dipl.Ing. Emmerich Heilinger, Geschäftsführer (in Ruhe) des milchwirtschaftlichen Verein und der Süddeutschen Butter- und Käsebörse.
- [187] Bundesministerium für Gesundheit. (2020). Europaparlament verabschiedet Neufassung der Trinkwasserrichtlinie [Online]. Available: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/presse/pressemitteilungen/2020/4-quartal/trinkwasserrichtlinie.html>. Zugriff am 18. April 2021.

- [188] Umweltprobenbank des Bundes. (2021). Hat das Verbot persistenter Pflanzenschutzmittel zu einer Entlastung der Umwelt geführt? [Online]. Available: [https://www.umweltprobenbank.de/de/documents/selected\\_results/12309](https://www.umweltprobenbank.de/de/documents/selected_results/12309). Zugriff am 30. Mai 2021.
- [189] Österreichische Agentur für Arbeitssicherung – AGES. (2019). Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe – PAK [Online]. Available: <https://www.ages.at/themen/rueckstaende-kontaminanten/polyzyklische-aromatische-kohlenwasserstoffe-pak/tab/2/>. Zugriff am 12. September 2020.
- [190] Umweltbundesamt – UBA. (2018). Bericht des Bundesministeriums für Gesundheit und des Umweltbundesamtes an die Verbraucherinnen und Verbraucher über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser) in Deutschland 2014 – 2016. Umwelt & Gesundheit 02/2018, 1-40.
- [191] Bundesministerium für Gesundheit und Frauen. (2006). Bundesgesetz über Sicherheitsanforderungen und weitere Anforderungen an Lebensmittel, Gebrauchsgegenstände und kosmetische Mittel zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher (Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz – LMSVG). StF: BGBl. I Nr. 13/2006, letzte Änderung 2019.
- [192] Schweizerische Eidgenossenschaft. (2016). SR 817.023.21 Verordnung des EDI über Materialien und Gegenstände, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen (Bedarfsgegenständeverordnung).



## **IX Anhang**

### **1 Trinkwasserhygiene: Chemische Parameter**

Nach § 6 der deutschen Trinkwasserverordnung (TrinkwV) dürfen chemische Parameter nicht in Konzentrationen vorkommen, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit verursachen können. Die jeweiligen Konzentrationen, die das Trinkwasser nachteilig beeinflussen, sollten so gering wie möglich gehalten werden. In der deutschen Trinkwasserverordnung wird der Parameterumfang in drei Teile unterteilt [6]:

- Chemische Parameter, deren Konzentration sich im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation nicht erhöht
- Chemische Parameter, deren Konzentration im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation ansteigen kann
- Allgemeine Indikatorparameter

Im Folgenden werden anhand dieser Unterteilung die geltenden Grenzwerte in den jeweiligen Gesetzestexten von Deutschland, Österreich und der Schweiz sowie der Trinkwasserrichtlinien dargestellt.

#### **1.1 Vergleich Chemischer Parameter, deren Konzentration sich im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation nicht erhöht**

In der folgenden Tabelle werden die jeweils, in den zu vergleichenden Trinkwasserrichtlinien und Ländern, geltenden Grenzwerte der chemischen Parameter, deren Konzentration sich im Verteilnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation nicht erhöht, dargestellt.

**Tabelle 16:** Vergleich Chemische Parameter, deren Konzentration sich im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation nicht erhöht  
[6] [61] [60] [8] [18]

| Parameter                  | Grenzwert         |                        |          |          |                                        |
|----------------------------|-------------------|------------------------|----------|----------|----------------------------------------|
|                            | RL (EU) 2020/2184 | RL 98/83/EG            | D        | AT       | CH                                     |
| Acrylamid <sup>(1)</sup>   | 0,1 µg/l          | 0,1 µg/l               | 0,1 µg/l | 0,1 µg/l | 0,1 µg/l                               |
| Benzol/Benzen              | 1 µg/l            | 1 µg/l                 | 1 µg/l   | 1 µg/l   | 1 µg/l                                 |
| Bor                        | 1,5 mg/l          | 1,0 mg/l               | 1,0 mg/l | 1,0 mg/l | 1,0 mg/l                               |
| Bromat                     | 10 µg/l           | 10 µg/l <sup>(2)</sup> | 10 µg/l  | 10 µg/l  | 10 µg/l                                |
| Chrom                      | 25 µg/l           | 50 µg/l                | 50 µg/l  | 50 µg/l  | 50 µg/l bzw. 20 µg/l<br>bei Chrom (VI) |
| Cyanid                     | 50 µg/l           | 50 µg/l                | 50 µg/l  | 50 µg/l  | 50 µg/l                                |
| 1,2 Dichlorethan – 1,2 DCE | 3 µg/l            | 3 µg/l                 | 3 µg/l   | 3 µg/l   | 3 µg/l                                 |

**Fortsetzung Tabelle 16:** Vergleich Chemische Parameter, deren Konzentration sich im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation nicht erhöht [6] [61] [60] [8] [18]

|                                                                                                                                                                                  |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Fluorid                                                                                                                                                                          | 1,5 mg/l                          | 1,5 mg/l                          | 1,5 mg/l                          | 1,5 mg/l                          | 1,5 mg/l                          |
| Nitrat <sup>(3)</sup>                                                                                                                                                            | 50 mg/l                           | 50 mg/l                           | 50 mg/l                           | 50 mg/l                           | 40 mg/l                           |
| Pflanzenschutzmittelwirkstoffe<br>und Biozidproduktwirkstoffe<br>-Pestizide einzeln<br>-Pestizide insgesamt<br>-Aldrin, Dieldrin, Heptachlor,<br>Heptachlorepoxid <sup>(4)</sup> | 0,1 µg/l<br>0,5 µg/l<br>0,03 µg/l | 0,1 µg/l<br>0,5 µg/l<br>0,03 µg/l | 0,1 µg/l<br>0,5 µg/l<br>0,03 µg/l | 0,1 µg/l<br>0,5 µg/l<br>0,03 µg/l | 0,1 µg/l<br>0,5 µg/l<br>0,03 µg/l |
| Quecksilber                                                                                                                                                                      | 1,0 µg/l                          | 1,0 µg/l                          | 1,0 µg/l                          | 1,0 µg/l                          | 1,0 µg/l                          |
| Selen                                                                                                                                                                            | 20 µg/l                           | 10 µg/l                           | 10 µg/l                           | 10 µg/l                           | 10 µg/l                           |
| Tetrachlorethen und<br>Trichlorethen <sup>(5)</sup>                                                                                                                              | 10 µg/l                           | 10 µg/l                           | 10 µg/l                           | 10 µg/l                           | 10 µg/l                           |
| Uran                                                                                                                                                                             | 30 µg/l                           | -                                 | 10 µg/l                           | 15 µg/l                           | 30 µg/l                           |

Erläuterungen zu Tabelle 16:

<sup>(1)</sup> Diese Grenzwerte beziehen sich auf die Restmonomer-Konzentration und berechnen sich auf Grund der maximalen Freisetzung nach den Spezifikationen des entsprechenden Polymers und der angewandten Polymerdosis [6] [60] [61] [8]. Alternativ kann nach den geltenden Trinkwasserverordnungen von Deutschland und Österreich der Nachweis der Einhaltung auch durch die Analyse des Trinkwassers erbracht werden [6] [60].

<sup>(2)</sup> Die Richtlinie 98/83/EG des Rates weist explizit daraufhin, dass die Länder einen niedrigeren Parameterwert anstreben sollten, ohne dabei die Wirkung der Desinfektion zu beeinträchtigen [8].

<sup>(3)</sup> Die Richtlinie 98/83/EG stellt zusätzlich sicher, dass folgende Bedingung von den Mitgliedsstaaten erfüllt wird:

$$\frac{c \text{ (Nitrat in mg/l)}}{50} + \frac{c \text{ (Nitrit in mg/l)}}{3} \leq 1$$

*mit c : Konzentration*

**Formel 3:** Vorgabe für Nitrat [60]

Aus diesem Grund ist diese Bedingung auch in der deutschen und österreichischen Trinkwasserverordnung zu finden [6] [60]. Österreich schreibt außerdem eine jährliche Informationspflicht über die Nitratkonzentration vor, und falls die Konzentration über 25 mg/l steigt oder ein Anstieg zu besorgen ist, muss diese vier Mal im Jahr überprüft werden, wenn nicht gemäß Untersuchungsintervallen eine häufigere Untersuchung vorgeschrieben ist [60].

<sup>(4)</sup> Zusätzlich wird explizit auf Aldrin, Dieldrin, Heptachlor, Heptachlorepoxyd hingewiesen. Diese Insektizide dürfen seit den 1970er-Jahren in Deutschland nicht mehr angewendet werden. Dies wird mit der Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung vom 10. November 1992 geregelt. Dennoch wird ein Grenzwert in den Trinkwasser-Gesetzestexten von 0,030 µg/l festgelegt [188].

<sup>(5)</sup> Bei den Grenzwerten handelt es sich jeweils um die Summe der Konzentrationen der spezifizierten Parameter [6].



## **1.2 Vergleich Chemischer Parameter, deren Konzentration im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation ansteigen kann**

In der folgenden Tabelle werden die jeweils, in den zu vergleichenden Trinkwasserrichtlinien und Ländern, geltenden Grenzwerte der chemischen Parameter, deren Konzentration im Verteilnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation ansteigen kann, dargestellt.

**Tabelle 17:** Vergleich Chemische Parameter, deren Konzentration im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation ansteigen kann  
[6] [61] [60] [8] [18]

| Parameter       | Grenzwert         |             |                         |                         |           |
|-----------------|-------------------|-------------|-------------------------|-------------------------|-----------|
|                 | RL (EU) 2020/2184 | RL 98/83/EG | D                       | AT                      | CH        |
| Antimon         | 10 µg/l           | 5 µg/l      | 5 µg/l                  | 5 µg/l                  | 5 µg/l    |
| Arsen           | 10 µg/l           | 10 µg/l     | 10 µg/l                 | 10 µg/l                 | 10 µg/l   |
| Benzo-(a)-pyren | 0,01 µg/l         | 0,01 µg/l   | 0,01 µg/l               | 0,01 µg/l               | 0,01 µg/l |
| Blei            | 5 µg/l            | 10 µg/l     | 10 µg/l                 | 10 µg/l                 | 10 µg/l   |
| Cadmium         | 5 µg/l            | 5 µg/l      | 3 µg/l                  | 5 µg/l                  | 3 µg/l    |
| Epichlorhydrin  | 0,1 µg/l          | 0,1 µg/l    | 0,1 µg/l <sup>(1)</sup> | 0,1 µg/l <sup>(1)</sup> | 0,1 µg/l  |
| Kupfer          | 2 mg/l            | 2 mg/l      | 2 mg/l                  | 2 mg/l                  | 1 mg/l    |
| Nickel          | 20 µg/l           | 20 µg/l     | 20 µg/l                 | 20 µg/l                 | 20 µg/l   |

**Fortsetzung Tabelle 17:** Vergleich Chemische Parameter, deren Konzentration im Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation ansteigen kann [6] [61] [60] [8] [18]

|                                                           |          |                         |                         |                         |          |
|-----------------------------------------------------------|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------|
| Nitrit                                                    | 0,5 mg/l | 0,5 mg/l <sup>(2)</sup> | 0,5 mg/l <sup>(2)</sup> | 0,1 mg/l <sup>(2)</sup> | 0,1 mg/l |
| Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)<br>(3) | 0,1 µg/l | 0,1 µg/l                | 0,1 µg/l                | 0,1 µg/l                | 0,1 µg/l |
| Trihalogenmethane (THM)                                   | 100 µg/l | 100 µg/l                | 50 µg/l                 | 30 µg/l                 | 50 µg/l  |
| Vinylchlorid                                              | 0,5 µg/l | 0,5 µg/l                | 0,5 µg/l                | 0,5 µg/l                | 0,5 µg/l |

Erläuterungen zu Tabelle 17:

<sup>(1)</sup> Diese Grenzwerte beziehen sich auf die Restmonomer-Konzentration und berechnen sich auf Grund der maximalen Freisetzung nach den Spezifikationen des entsprechenden Polymers und der angewandten Polymerdosis. Alternativ kann der Nachweis der Einhaltung auch durch die Analyse des Trinkwassers erbracht werden [6] [60] .

<sup>(2)</sup> Die Summe der Beträge aus Nitratkonzentration in mg/l, geteilt durch 50 und Nitritkonzentration in mg/l, geteilt durch 3 darf nicht größer als 1 sein. Am Ausgang des Wasserwerks darf der Wert von 0,10 mg/l für Nitrit nicht überschritten werden [6] [8] [60] (siehe auch Formel 3 Vorgabe für Nitrat).

<sup>(3)</sup> „Summe der nachgewiesenen und mengenmäßig bestimmten nachfolgenden Stoffe: Benzo-(b)-fluoranthen, Benzo-(k)-fluoranthen, Benzo-(ghi)-perylene und Indeno-(1,2,3-cd)-pyren“ [6]. PAK werden krebserregende, erbgutverändernde und/oder fortpflanzungsgefährdende Eigenschaften zugeschrieben:

**Tabelle 18:** Pathologische Eigenschaften PAK [189]

| PAK                     | Pathologische Eigenschaften |
|-------------------------|-----------------------------|
| Benzo-(b)-fluoranthen   | genotoxisch + karzinogen    |
| Benzo-(k)-fluoranthen   | genotoxisch + karzinogen    |
| Benzo(ghi)-perylene     | genotoxisch                 |
| Indeno-(1,2,3-cd)-pyren | genotoxisch + karzinogen    |

### **1.3 Allgemeine Indikatorparameter**

Ein Indikatorparameter ist ein Parameter in der Trinkwasserhygiene, aber auch in der Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene, dessen Vorkommen bzw. Konzentrationserhöhung zum einen auf eine mangelnde hygienische Qualität, die ein Risiko für die menschliche Gesundheit darstellen kann, hinweist. In diesem Fall sind Indikatorparameter oft Bakterien. Zum anderen kann man – je nach Art des Indikatorparameters – bei einer Konzentrationserhöhung auf eine fehlerhafte Zusammensetzung des Trinkwassers, die unter Umständen das Leitungssystem durch eventuelle Ablagerungen und Verkrustungen beschädigen kann und sich als Nährboden für mikrobiologische Organismen eignet, schließen [190].

Eine Grenzwertüberschreitung von Indikatorparametern zieht immer weitere Untersuchungen zur Ursachenforschung und Abstellung der Konzentrationserhöhung nach sich, um wieder eine einwandfreie Wasserqualität zu erhalten und das Risiko, die menschliche Gesundheit zu gefährden, zu minimieren [190] [60].

In der folgenden Tabelle werden die jeweils, in den zu vergleichenden Trinkwasserrichtlinien und Ländern, geltenden Grenzwerte der allgemeinen Indikatorparameter dargestellt.

**Tabelle 19:** Vergleich allgemeine Indikatorparameter [6] [61] [60] [8] [18]

| Parameter                      | Grenzwert                                                |             |          |                         |                                                                                     |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------|----------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                | RL (EU) 2020/2184                                        | RL 98/83/EG | D        | AT                      | CH                                                                                  |
| Aluminium                      | 200 µg/l                                                 | 200 µg/l    | 200 µg/l | 200 µg/l                | 200 µg/l                                                                            |
| Ammonium                       | 0,5 mg/l                                                 | 0,5 mg/l    | 0,5 mg/l | 0,5 mg/l <sup>(1)</sup> | 0,5 mg/l<br>(reduziertes<br>Trinkwasser)<br>0,1 mg/l<br>(oxidiertes<br>Trinkwasser) |
| Chlorid                        | 250 mg/l                                                 | 250 mg/l    | 250 mg/l | 200 mg/l                | -                                                                                   |
| <i>Clostridium perfringens</i> | siehe Tabelle 3: Mikrobiologische Kriterien im Vergleich |             |          |                         |                                                                                     |
| Coliforme Bakterien            | siehe Tabelle 3: Mikrobiologische Kriterien im Vergleich |             |          |                         |                                                                                     |
| Eisen                          | 200 µg/l                                                 | 200 µg/l    | 200 µg/l | 200 µg/l                | 200 µg/l                                                                            |

**Fortsetzung Tabelle 19:** Vergleich allgemeine Indikatorparameter [6] [61] [60] [8] [18]

|                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                                                             |                    |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------|
| Färbung (spektraler Absorptionskoeffizient) | Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung | Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung | $0,5 \text{ m}^{-1}$                                        | $0,5 \text{ m}^{-1} \text{ (2)}$                            | -                  |
| Geruch                                      | Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung | Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung | 3 bei 23 °C                                                 | Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung | unauffällig        |
| Geschmack                                   | Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung | Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung | Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung | Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung | unauffällig        |
| Koloniezahl bei 22 °C                       | siehe Tabelle 3: Mikrobiologische Kriterien im Vergleich    |                                                             |                                                             |                                                             |                    |
| Koloniezahl bei 36 °C                       | siehe Tabelle 3: Mikrobiologische Kriterien im Vergleich    |                                                             |                                                             |                                                             |                    |
| Elektrische Leitfähigkeit                   | 2500 $\mu\text{S/cm}$ bei 20 °C                             | 2500 $\mu\text{S/cm}$ bei 20 °C                             | 2790 $\mu\text{S/cm}$ bei 25 °C                             | 2500 $\mu\text{S/cm}$ bei 20 °C                             | -                  |
| Mangan                                      | 50 $\mu\text{g/l}$                                          | 50 $\mu\text{g/l}$                                          | 50 $\mu\text{g/l}$                                          | 50 $\mu\text{g/l}$                                          | 50 $\mu\text{g/l}$ |
| Natrium                                     | 200 mg/l                                                    | 200 mg/l                                                    | 200 mg/l                                                    | 200 mg/l                                                    | 200 mg/l           |

**Fortsetzung Tabelle 19:** Vergleich allgemeine Indikatorparameter [6] [61] [60] [8] [18]

|                                        |                                                                        |                                                                        |                           |                                                                        |                           |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Organisch gebundener Kohlenstoff (TOC) | Ohne anormale Veränderung                                              | Ohne anormale Veränderung                                              | Ohne anormale Veränderung | Ohne anormale Veränderung                                              | < 2 mg/l                  |
| Oxidierbarkeit                         | 5,0 mg/l O <sub>2</sub>                                                | 5,0 mg/l O <sub>2</sub>                                                | 5,0 mg/l O <sub>2</sub>   | 5,0 mg/l O <sub>2</sub>                                                | -                         |
| Sulfat                                 | 250 mg/l                                                               | 250 mg/l                                                               | 250 mg/l                  | 250 mg/l                                                               | -                         |
| Trübung                                | Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung<br>1,0 NTU | Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung<br>1,0 NTU | 1,0 NTU                   | Für den Verbraucher annehmbar und ohne anormale Veränderung<br>1,0 NTU | 1,0 NTU<br>im Verteilnetz |
| Wasserstoffionenkonzentration          | $\geq 6,5 \leq 9,5$                                                    | $\geq 6,5 \leq 9,5$                                                    | $\geq 6,5 \leq 9,5$       | $\geq 6,5 \leq 9,5$                                                    | -                         |



**Fortsetzung Tabelle 19:** Vergleich allgemeine Indikatorparameter [6] [61] [60] [8] [18]

|                     |   |           |                   |           |                          |
|---------------------|---|-----------|-------------------|-----------|--------------------------|
| Calcitlösekapazität | - | -         | 5,0 mg/l $CaCO_3$ | -         | -                        |
| Radioaktivität      |   |           |                   |           |                          |
| Radon-222           | - |           | 100 Bq/l          | 100 Bq/l  | 100 Bq/l                 |
| Tritium             |   | 100 Bq/l  | 100 Bq/l          | 100 Bq/l  | 100 Bq/l                 |
| Richtdosis          |   | 0,1 mSv/a | 0,1 mSv/a         | 0,1 mSv/a | 0,1 mSv/a <sup>(3)</sup> |

Erläuterungen zu Tabelle 19:

<sup>(1)</sup> Geogen bedingte Überschreitungen bis zu 5 mg/l  $NH_4$  dürfen vernachlässigt werden. Ab einem Gehalt von mehr als 0,2 mg/l  $NH_4$  dürfen Chlorungsverfahren nicht angewendet werden [60].

<sup>(2)</sup> muss nur bei Auffälligkeiten bestimmt werden [60].

<sup>(3)</sup> „Die Überwachung von Radon, Tritium oder der Gesamtdosis (RD) ist nicht notwendig, wenn mittels eines anderen repräsentativen Überwachungsprogramms oder anderer verlässlicher Untersuchungen gezeigt werden kann, dass die Werte von Radon, Tritium oder die RD nicht überschritten werden“ [61].

## 2 Trinkwasserhygiene: Zusätzliche Parameter, die in Österreich untersucht werden, die aber nicht in der Trinkwasserverordnung genannt werden

Zusätzlich zur österreichischen Trinkwasserverordnung gilt in Österreich das Codexkapitel B1 des Lebensmittelbuches, um die Trinkwasserqualität zu garantieren. In diesem Codexkapitel wird die Trinkwasserverordnung nochmals erläutert und zu einigen Themenpunkten ergänzt. Hierzu gehören zulässige Aufbereitungsverfahren, Bedingungen für Desinfektionsmaßnahmen, ein verändertes Untersuchungsintervall und Grenzwerte für zusätzliche Parameter, die in der Trinkwasserverordnung nicht berücksichtigt sind [96]. Die gesetzliche Grundlage des Österreichischen Lebensmittelbuches wird mit § 76 des LMSVG gesetzt [191].

Im Folgenden werden die zusätzlichen Parameter, die in Österreich untersucht werden, die aber nicht in der Trinkwasserverordnung genannt werden, mit ihren jeweils geltenden Grenzwert dargestellt.

**Tabelle 20:** Zusätzliche Parameter, die in Österreich untersucht werden, die aber nicht in der Trinkwasserverordnung genannt werden [96]

| Parameter                                    | Grenzwert Codexkapitel B1                           |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Aliphatische Kohlenwasserstoffe (Mineralöle) | 0,1 mg/l<br>(Beurteilungstoleranz: $\pm 0,03$ mg/l) |
| Barium                                       | 1 mg/l<br>(Beurteilungstoleranz: $\pm 0,2$ mg/l)    |
| Calcium                                      | 400 mg/l<br>(Beurteilungstoleranz: $\pm 40$ mg/l)   |
| Chlorit                                      | 0,2 mg/l<br>(Beurteilungstoleranz: $\pm 0,04$ mg/l) |

**Fortsetzung Tabelle 20:** Zusätzliche Parameter, die in Österreich untersucht werden, die aber nicht in der Trinkwasserverordnung genannt werden [96]

|                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kalium                                                                                                                                                                                                | 50 mg/l<br>(Beurteilungstoleranz: $\pm 5$ mg/l)                                                                                                      |
| <u>Leichtflüchtige<br/>halogenierte aliphatische<br/>Kohlenwasserstoffe</u><br><br>Trichlorfluormethan<br>Dichlordifluormethan<br>1,1,1-Trichlorethan<br><br>1,1-Dichlorethen<br><br>Tetrachlormethan | <br><br>30 $\mu\text{g/l} \pm 7,5$ $\mu\text{g/l}$<br><br>0,3 $\mu\text{g/l} \pm 0,1$ $\mu\text{g/l}$<br><br>3 $\mu\text{g/l} \pm 1$ $\mu\text{g/l}$ |
| Magnesium                                                                                                                                                                                             | 150 mg/l<br>(Beurteilungstoleranz: $\pm 15$ mg/l)                                                                                                    |
| Phosphate                                                                                                                                                                                             | 0,3 mg/l<br>(Beurteilungstoleranz: $\pm 0,1$ mg/l)                                                                                                   |
| Silikate nach Zudosierung                                                                                                                                                                             | 40 mg/l<br>(Beurteilungstoleranz: $\pm 4$ mg/l)                                                                                                      |
| <u>Zink</u><br><br>Wasser im<br>Verteilungsnetz:<br><br>Wasser aus<br>Hausinstallationen:                                                                                                             | <br><br>0,1 mg/l<br>(Beurteilungstoleranz: $\pm 0,01$ mg/l)<br><br>5 mg/l<br>(Beurteilungstoleranz: $\pm 0,5$ mg/l)                                  |
| gelöster Sauerstoff                                                                                                                                                                                   | Mindestwert 3 mg/l<br>(Beurteilungstoleranz: $\pm 0,5$ mg/l)                                                                                         |
| Schwefelwasserstoff                                                                                                                                                                                   | organoleptisch nicht wahrnehmbar                                                                                                                     |
| Freies Chlor                                                                                                                                                                                          | (1)                                                                                                                                                  |

Erläuterung zu Tabelle 20:

(<sup>1</sup>) bei der Desinfektion mit chlorhaltigen Stoffen, wie Chlorgas oder Hypochloritlösungen, darf nach der Reaktionszeit (30 Minuten) eine Konzentration von freiem Chlor 0,3 mg/l nicht unterschritten und 0,5 mg/l nicht überschritten werden. Zum Zeitpunkt der Entnahme des Trinkwassers durch den Verbraucher darf eine Konzentration von 0,3 mg/l nicht überschritten werden [96].

### 3 Trinkwasserhygiene: Parameter, die in der Schweizerischen Trinkwasserverordnung aufgeführt werden, nicht aber in der deutschen oder österreichischen Trinkwasserverordnung

Im Folgenden werden die Parameter, die in der Schweizerischen Trinkwasserverordnung aufgeführt werden, nicht aber in der deutschen oder österreichischen Trinkwasserverordnung mit ihren jeweils geltenden Grenzwerten dargestellt.

**Tabelle 21:** Vergleich der Parameter, die in der Schweizerischen Trinkwasserverordnung aufgeführt werden, aber nicht in der deutschen oder österreichischen Trinkwasserverordnung [61]

| Parameter                                                                                                                                | Grenzwert TBDV                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| BTEX                                                                                                                                     | 3 µg/l                                          |
| Freies Chlor                                                                                                                             | 0,1 mg/l                                        |
| Chlorat                                                                                                                                  | 0,2 mg/l                                        |
| Chlorit                                                                                                                                  | 0,2 mg/l                                        |
| Chlordioxid                                                                                                                              | 0,05 mg/l                                       |
| <u>Flüchtige Halogenwasserstoffe (FHKW)</u><br><br>Dichlormethan<br>Tetrachlormethan<br>Gesamtheit FHKW (ohne THM)<br>THM <sup>(1)</sup> | <br><br>20 µg/l<br>2 µg/l<br>10 µg/l<br>50 µg/l |
| 1,4-Dioxan                                                                                                                               | 6 µg/l                                          |

**Fortsetzung Tabelle 21:** Vergleich der Parameter, die in der Schweizerischen Trinkwasserverordnung aufgeführt werden, aber nicht in der deutschen oder österreichischen Trinkwasserverordnung [61]

|                                                                                                                                                                             |                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Ethylendiamintetraacetat (EDTA)<br>/ Nitritotriessigsäure (NTA)                                                                                                             | 0,2 mg/l                                          |
| Summe Ethyl-tertiär-butylether<br>ETBE und Methyl-tertiär-<br>butylether MTBE                                                                                               | 5 µg/l                                            |
| Kohlenwasserstoff-Index<br>$C_{10} - C_{40}$                                                                                                                                | 20 µg/l                                           |
| Organische chemische<br>Verbindungen mit unbekannter<br>Toxizität, aber bekannter<br>chemischer Struktur, mit<br>strukturellen Hinweisen auf ein<br>genotoxisches Potenzial | 0,1 µg/l                                          |
| Organische chemische<br>Verbindungen mit unbekannter<br>Toxizität, aber bekannter<br>chemischer Struktur, ohne<br>strukturelle Hinweise auf ein<br>genotoxisches Potenzial  | 10 µg/l                                           |
| Ozon                                                                                                                                                                        | 50 µg/l                                           |
| Perchlorat                                                                                                                                                                  | 4 µg/l                                            |
| Perfluorierte Alkylsubstanzen<br>Perfluorooctansulfat (PFOS)<br>Perfluorhexansulfonat (PFHxS)<br>Perfluorooctansäure (PFOA)                                                 | 0,3 µg/l<br>0,3 µg/l<br>0,5 µg/l                  |
| Phosphat                                                                                                                                                                    | 1 mg/l                                            |
| Silber                                                                                                                                                                      | 0,1 mg/l                                          |
| Silikat                                                                                                                                                                     | 5 mg/l <sup>(2)</sup> bzw. 10 mg/l <sup>(3)</sup> |
| Stoffe gemäß Anhang 2 der<br>Bedarfsgegenständeverordnung<br>des EDI vom 16. Dezember 2016<br><sup>(4)</sup>                                                                | LMS/20 mg/l                                       |
| Zink                                                                                                                                                                        | 5 mg/l                                            |

Erläuterungen zu Tabelle 21:

(<sup>1</sup>) „Eine Untersuchung des Trinkwassers im Verteilnetz ist nicht erforderlich, wenn die THM-Konzentration nach abgeschlossener Aufbereitung maximal 10 µg/l beträgt“ [61].

(<sup>2</sup>) „berechnet als Silizium“ [61].

(<sup>3</sup>) „Zugesetzt, während höchstens 3 Monaten zur Schutzschichtbildung; berechnet als Silizium“ [61].

(<sup>4</sup>) Bei den Stoffen gemäß Anhang 2 der Bedarfsgegenständeverordnung des EDI vom 16. Dezember 2016 handelt es sich um zulässige Stoffe für die Herstellung von Kunststoffschichten für Bedarfsgegenstände aus Kunststoff und deren Anforderungen [192].

Die Migrationsgrenzwerte (SMLs) dieser Stoffe dürfen die Werte in Anhang 2 der Bedarfsgegenständeverordnung des EDI, geteilt durch 20, nicht übersteigen (siehe Formel 4), jedoch keinesfalls den Wert von 0,5 mg/l ausgedrückt als gesamter organischer Kohlenstoff. Dieser Wert von 0,5 mg/l kommt auch bei Stoffen zur Anwendung, für die in Anhang 2 der Bedarfsgegenständeverordnung keine spezifischen Migrationsgrenzwerte vorgesehen sind [61].

$$SML_{Wasser} = \frac{SML_{Lebensmittel}}{20}$$

**Formel 4:** Spezifischer Migrationsgrenzwert [61]

## 4 Schwimm- und Badebeckenwasserhygiene

### a) Mikrobiologische Parameter

**Tabelle 22:** Mikrobiologische Parameter und ihre Grenzwerte nach der DIN 19643 [7]

| Parameter                            | primäres und sekundäres Füllwasser | Reinwasser oberer Wert                                               | Beckenwasser oberer Wert                                                                                                                 | Nachweisverfahren              |
|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>        | Trinkwasserqualität                | 0 KBE/100 ml                                                         | 0 KBE/100 ml                                                                                                                             | DIN EN ISO 19266               |
| <i>Escherichia coli</i>              | Trinkwasserqualität                | 0 KBE/100 ml                                                         | 0 KBE/100 ml                                                                                                                             | DIN EN ISO 9308-1              |
| <i>Legionella spec.</i>              | Trinkwasserqualität                | Im Filtrat bei<br>Beckenwassertemperatur<br>$\geq 23\text{ °C}$<br>* | Im Beckenwasser von<br>Warmsprudelbecken und<br>Becken mit<br>aerosolbildenden Wasser-<br>kreisläufen mit Temp. $\geq 23\text{ °C}$<br>* | ISO11731<br>DIN EN ISO 11731-2 |
| Koloniezahl bei $36 \pm 1\text{ °C}$ | Trinkwasserqualität                | 20 KBE/ml                                                            | 100 KBE/ml                                                                                                                               | DIN EN ISO 6222<br>TrinkwV     |



Erläuterung zu Tabelle 22:

\* In DIN 19643-1 wird die Bewertung und die darauffolgenden Maßnahmen bezüglich eines Legionellen Nachweises zusätzlich beschrieben. Hierbei wird wiederum zwischen Beckenwasser und Filtrat unterschieden [6]:

Sind die Legionellen  $KBE < 1/100 \text{ ml}$  im Beckenwasser oder im Filtrat, so ist das Beckenwasser frei von jeglicher Legionellen-Kontamination und weitere Maßnahmen müssen nicht ergriffen werden.

Eine  $KBE$  von  $1 \text{ bis } 100/100 \text{ ml}$  im Beckenwasser zeigt eine geringe Konzentration an, somit erfolgt zunächst eine Nachuntersuchung, die bei identischem Ergebnis eine weitere Nachuntersuchung und die Kontrolle des Filtrats nach sich zieht. Weitere Sanierungsmaßnahmen können eine Wiederholung der Nachuntersuchung und die Kontrolle des Filtrats sein.

Eine  $KBE$  von  $> 100 \text{ bis } 1\,000/100 \text{ ml}$  im Beckenwasser zeigt eine mittlere Konzentration an und zieht außer der Filterspülung und der Kontrolle der Desinfektionsmittelgabe ebenfalls eine Nachuntersuchung und die Kontrolle des Filtrats nach sich. Maßnahmen nach dieser Nachuntersuchung sind wiederum eine Filterspülung und die Kontrolle auf Desinfektionsmittelzugabe. Zusätzlich werden aerosolproduzierende Einrichtungen abgeschaltet und nochmals eine Nachuntersuchung mit Filterkontrolle durchgeführt. Weitere Sanierungsmöglichkeiten sind die Einbeziehung von Fachleuten, die dann verschiedene Maßnahmen wie Hochchlorung, Austausch des Filtermaterials oder die Abschaltung von aerosolproduzierenden Einrichtungen anordnen und vermehrt Nachuntersuchungen durchführen. Die Gesundheitsbehörde muss über diese Verfahren in Kenntnis gesetzt werden. Eine  $KBE$  von  $1 \text{ bis } 1000/100 \text{ ml}$  im Filtrat zeigt auch eine Kontamination an und zieht eine Filterspülung sowie eine Nachuntersuchung des Filtrats und des Beckenwassers mit sich. Bei der Nachuntersuchung muss insbesondere die Aufbereitung geprüft werden.

Eine  $KBE$  von  $> 1\,000/100 \text{ ml}$  zeigt im Beckenwasser und im Filtrat eine hohe Konzentration an. Im Beckenwasser erfolgt nach der Filterspülung, der Kontrolle der Desinfektionsmittelzugabe und der Abschaltung von aerosolproduzierenden Einrichtungen eine Nachuntersuchung mit Kontrolle des Filtrats. Zeigt diese Nachuntersuchung wieder eine Legionellen-Konzentration an, so wird ein

Nutzungsverbot ausgesprochen und die vorherigen Schritte müssen wiederholt werden. Weitere Sanierungsmaßnahmen sind die Einbeziehung von Fachleuten, die dann verschiedene Sanierungsschritte und Nachuntersuchungen anordnen. Die Gesundheitsbehörde muss zusätzlich informiert werden. Erst nach einem einwandfreien mikrobiologischen Befund darf das Becken wieder freigegeben werden. Eine hohe Konzentration im Filtrat zieht eine Filterspülung und die Nachuntersuchung des Filtrats und des Beckenwassers nach sich. Bleibt die Kontamination bestehen, wird erneut eine Filterspülung und die Überprüfung der Aufbereitung angeraten. Es kommt gegebenenfalls zu Nutzungseinschränkungen und Einbeziehung von Fachleuten. Die Gesundheitsbehörde muss ebenfalls informiert werden.

Bei einer *KBE* von  $> 10\,000/100\text{ ml}$  im Beckenwasser und einem positiven Nachweis im Filtrat erfolgt die sofortige Nutzungsuntersagung [7].

**Tabelle 23:** Mikrobiologische Parameter nach der österreichischen BHygV 2012 [66]

| Parameter                     | Grenzwert-Füllwasser                                           | Grenzwert – Filtrat*                                                                                                                                                             | Grenzwert-Beckenwasser                                                                                                                                                           |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 0 KBE/100 ml                                                   | 0 KBE/100 ml                                                                                                                                                                     | 0 KBE/100 ml                                                                                                                                                                     |
| <i>E. coli</i>                | 0 KBE/100 ml                                                   | -                                                                                                                                                                                | 0 KBE/100 ml                                                                                                                                                                     |
| <i>Legionella</i> spp.        | 0 KBE/100 ml<br>Untersuchung nur wenn<br>Temperatur<br>> 20 °C | 0 KBE/100 ml<br>Untersuchung nur wenn<br>Temperatur des<br>Beckenwassers > 30 °C<br><br>oder<br><br>Temperatur > 25 °C und<br>zusätzlich aerosolbildende<br>Kreisläufe vorhanden | 0 KBE/100 ml<br>Untersuchung nur wenn<br>Temperatur des<br>Beckenwassers > 30 °C<br><br>oder<br><br>Temperatur > 25 °C und<br>zusätzlich aerosolbildende<br>Kreisläufe vorhanden |
| Koloniezahl bei 37 °C         | 100 KBE/ml                                                     | -                                                                                                                                                                                | 100 KBE/ml                                                                                                                                                                       |
| Enterokokken                  | 0 KBE/100 ml                                                   | -                                                                                                                                                                                | 0 KBE/100 ml                                                                                                                                                                     |

\* Wasser aus Wasseraufbereitungsanlage vor der Chlorung

**Tabelle 24:** Mikrobiologische Parameter nach SIA 385/9 [68]

| Parameter                     | Beckenwasser |                          |
|-------------------------------|--------------|--------------------------|
|                               | Richtwert    | Toleranzwert             |
| Aerobe mesophile Keimzahl     | -            | 1000 KBE/ml              |
| <i>E.coli</i>                 | -            | Nicht nachweisbar/100 ml |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | -            | Nicht nachweisbar/100 ml |
| <i>Legionella</i> spp.        |              | 1 KBE/100 ml             |

Die Schweizerische Norm gibt außerdem Anweisungen zur Beprobung auf Legionellen: diese Untersuchung muss nur – wie schon in Deutschland – im Beckenwasser von Warmsprudelbecken und aerosolbildenden Kreisläufen über 23°C untersucht werden. Außerdem werden Maßnahmen bei Überschreitung des Toleranzwertes in Bezug auf Legionellen angeraten. Hierzu gehören bei einer geringen Konzentration an Legionellen ( $1 - 10 \text{ KBE}/100 \text{ ml}$ ) eine Filterspülung mit hochgechlortem Spülwasser, die Überprüfung der Wasseraufbereitung und eine wiederholte Untersuchung nach vier Wochen. Bei einer mittleren Konzentration an Legionellen ( $> 10 \text{ KBE}/100 \text{ ml}$ ) werden zusätzlich die aerosolbildenden Einrichtungen außer Betrieb gesetzt, die Sprudelbecken entleert und desinfiziert. Eine erneute Analyse des Beckenwassers und Filtrats ist nach zehn Tagen erwünscht. Ist im Beckenwasser eine hohe Konzentration an Legionellen ( $> 1000 \text{ KBE}/100 \text{ ml}$ ) nachweisbar, muss das Becken für jeglichen Badebetrieb geschlossen und die Ursache der Kontamination gefunden und beseitigt werden. Alle Bestandteile des Beckens müssen gereinigt, desinfiziert und mit gechlortem Wasser gespült werden. Danach wird das Wasser analysiert und erst bei einer Legionellen-Konzentration von  $< 10 \text{ KBE}/100 \text{ ml}$  darf der Badebetrieb wieder erfolgen [68].

#### **b) Chemische und chemisch-physikalische Parameter**

Die Parameter „*freies Chlor*“, „*pH-Wert*“ und „*Redoxspannung*“ werden in allen drei Ländern berücksichtigt und unter jeweils anderen Bedingungen mit einem Grenzwert versehen:

**Tabelle 25:** Chemische und physikalisch-chemische Anforderungen an das Reinwasser und das Badewasser für freies Chlor, Redoxspannung und pH-Wert [7] [68] [66] [61]

| Deutschland                                 |              |             |              |             |                   |
|---------------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------------|
| Parameter                                   | Reinwasser   |             | Beckenwasser |             | Nachweisverfahren |
|                                             | Unterer Wert | Oberer Wert | Unterer Wert | Oberer Wert |                   |
| <b>Freies Chlor</b>                         |              |             |              |             |                   |
| - Allgemein                                 | 0,3 mg/l     | nach        | 0,3 mg/l     | 0,6 mg/l    | DIN EN ISO 7393-1 |
| - Warmsprudelbecken                         | 0,7 mg/l     | Bedarf      | 0,7 mg/l     | 1,0 mg/l    | DIN EN ISO 7393-2 |
| <b>pH-Wert</b>                              |              |             |              |             |                   |
| - bei Flockung mit Al- oder Al-Fe Produkten | 6,5          | 7,2         | 6,5          | 7,2         | DIN 38404-5       |
| - bei Flockung mit Fe-Produkten Süßwasser   | 6,5          | 7,5         | 6,5          | 7,5         |                   |
| Meerwasser                                  | 6,5          | 7,8         | 6,5          | 7,8         |                   |
| - ohne Flockung Süßwasser                   | 6,5          | 7,5         | 6,5          | 7,5         |                   |
| Meerwasser                                  | 6,5          | 7,8         | 6,5          | 7,8         |                   |

**Fortsetzung Tabelle 25:** Chemische und physikalisch-chemische Anforderungen an das Reinwasser und das Badewasser für freies Chlor,  
Redoxspannung und pH-Wert [7] [68] [66] [61]

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |   |                              |                              |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------------------------------|------------------------------|-------------|
| <b>Redoxspannung</b><br>gegen Ag/AgCl 3,5 m KCl<br>- für Süßwasser<br>$6,5 \leq \text{pH-Wert} \leq 7,3$<br>$7,3 < \text{pH-Wert} \leq 7,5$<br>- für Meerwasser und andere Wässer<br>mit Bromidgehalt > 10 mg/l<br>$6,5 \leq \text{pH-Wert} \leq 7,3$<br>$7,3 < \text{pH-Wert} \leq 7,8$<br>- für Wasser mit einem Iodid<br>gehalt > 0,5 mg/l |   |   |                              |                              |             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | - | - | 750 mV                       | -                            | DIN 38404-6 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | - | - | 770 mV                       | -                            |             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | - | - | 700 mV                       | -                            |             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | - | - | 720 mV                       | -                            |             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | - | - | experimentelle<br>Bestimmung | experimentelle<br>Bestimmung |             |

**Fortsetzung Tabelle 25:** Chemische und physikalisch-chemische Anforderungen an das Reinwasser und das Badewasser für freies Chlor, Redoxspannung und pH-Wert [7] [68] [66] [61]

| Österreich                                                                                                                                                                 |                                                                                                          |                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                            | Unterer Wert                                                                                             | Oberer Wert                                                                                                                      |
| <b>Freies Chlor</b><br><br>Badebecken<br>pH bis 7,4<br>pH > 7,4 – 7,8<br>Warmsprudelbecken<br>pH bis 7,4<br>pH > 7,4 – 7,8<br><br>Tauch-, Tret- und<br>Durchschreitebecken | <br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>0,3 mg/l<br>0,5 mg/l<br><br>0,6 mg/l<br>0,5 mg/l<br><br>0,6 mg/l | <br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>1,2 mg/l<br>(Freibäder 2,0 mg/l)<br><br>1,2 mg/l<br>(Freibäder 2,0 mg/l)<br><br>2,0 mg/l |
| <b>pH-Wert</b><br><br>- Badebecken<br>- Warmsprudelbecken                                                                                                                  | <br><br>6,5<br>6,5                                                                                       | <br><br>7,8<br>7,4                                                                                                               |



**Fortsetzung Tabelle 25:** Chemische und physikalisch-chemische Anforderungen an das Reinwasser und das Badewasser für freies Chlor,  
Redoxspannung und pH-Wert [7] [68] [66] [61]

|                                                                                                     |                                                                       |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Redoxspannung</b><br>gegen Ag/AgCl 3,5 m KCl                                                     |                                                                       |  |
| - bei Chlorung-Desinfektion                                                                         | $\geq 700 \text{ mV}$                                                 |  |
| - bei Ozonung und<br>Aktivkohlefiltration im Vollstrom +<br>Chlorung-Desinfektion                   | $\geq 700 \text{ mV}$                                                 |  |
| - bei Ozonung und<br>Aktivkohlefiltration im Teilstrom +<br>Chlorung-Desinfektion                   | $\geq 700 \text{ mV}$                                                 |  |
| - bei Desinfektion mit Chlor-<br>Chlordioxidverfahren unter Zugabe<br>einer wässrigen Chloritlösung | $\geq 700 \text{ mV}$                                                 |  |
| - bromid-, jodidhaltig oder > 5000<br>mg/l Chlorid                                                  | experimentelle Bestimmung mit vergleichbarer<br>Desinfektionsleistung |  |

**Fortsetzung Tabelle 25:** Chemische und physikalisch-chemische Anforderungen an das Reinwasser und das Badewasser für freies Chlor, Redoxspannung und pH-Wert [7] [68] [66] [61]

| Schweiz                                                                                                                      |                                  |                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                              | Beckenwasser                     |                                                                          |
|                                                                                                                              | Richtwert                        | Toleranzwert bzw. Grenzwert TBDV                                         |
| <b>Freies Chlor</b><br><u>SIA 385/9</u><br>Badebecken<br>Warmsprudelbecken<br><u>TBDV</u><br>Badebecken<br>Warmsprudelbecken | 0,2 – 0,4 mg/l<br>0,7 – 1,0 mg/l | 0,2 – 0,8 mg/l<br>0,7 – 1,5 mg/l<br><br>0,2 – 0,8 mg/l<br>0,7 – 1,5 mg/l |
| <b>pH-Wert</b><br><u>SIA 385/9</u><br><u>TBDV</u>                                                                            | 7,0 – 7,4                        | 6,8 – 7,6<br>6,8 – 7,6                                                   |

**Fortsetzung Tabelle 25:** Chemische und physikalisch-chemische Anforderungen an das Reinwasser und das Badewasser für freies Chlor,  
Redoxspannung und pH-Wert [7] [68] [66] [61]

|                                                                                     |                                                |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--|
| <b>Redoxspannung</b><br>gegen Ag/AgCl 3,5 m KCl<br>- pH 6,8 – 7,3<br>- pH 7,3 – 7,6 | $\geq 750 \text{ mV}$<br>$\geq 770 \text{ mV}$ |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--|

(Al: Aluminium; Fe: Eisen)

**Tabelle 26:** Anforderungen in D an Reinwasser und Beckenwasser, die Färbung betreffend [7]

| Deutschland |              |                     |              |                     |                    |
|-------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------------|
| Parameter   | Reinwasser   |                     | Beckenwasser |                     | Nachweis           |
|             | Unterer Wert | Oberer Wert         | Unterer Wert | Oberer Wert         |                    |
| Färbung     | -            | 0,4 m <sup>-1</sup> | -            | 0,5 m <sup>-1</sup> | DIN<br>EN ISO 7887 |

Der Parameter „Färbung“ wird in der Schweizer Norm SIA 385/9 und in der österreichischen Bäderhygieneverordnung nicht als chemisch-physikalischer Parameter aufgelistet.

**Tabelle 27:** Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, die Trübung betreffend [7] [68] [61]

| Deutschland                         |                |             |              |                                     |                 |
|-------------------------------------|----------------|-------------|--------------|-------------------------------------|-----------------|
| Parameter                           | Reinwasser     |             | Beckenwasser |                                     | Nachweis        |
|                                     | Unterer Wert   | Oberer Wert | Unterer Wert | Oberer Wert                         |                 |
| Trübung                             | -              | 0,2 FNU     | -            | 0,5 FNU                             | DIN EN ISO 7027 |
| Schweiz                             |                |             |              |                                     |                 |
|                                     | Beckenwasser   |             |              |                                     |                 |
|                                     | Richtwert      |             |              | Toleranzwert bzw. Grenzwert<br>TBDV |                 |
| <u>Trübung</u><br>SIA 385/9<br>TBDV | < 0,2 NTU<br>- |             |              | 0,5 NTU<br>0,5 NTU                  |                 |

Der Parameter „*Trübung*“ wird in der österreichischen Bäderhygieneverordnung nicht explizit aufgelistet. In Deutschland und in der Schweiz ist er Bestandteil der jeweils geltenden Vorschrift.

**Tabelle 28:** Anforderungen in D und AT an Reinwasser und Badebeckenwasser, Aluminium betreffend [7] [66]

| Deutschland    |              |             |              |               |                                                                                      |
|----------------|--------------|-------------|--------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Parameter      | Reinwasser   |             | Beckenwasser |               | Nachweis                                                                             |
|                | Unterer Wert | Oberer Wert | Unterer Wert | Oberer Wert   |                                                                                      |
| Alu-<br>minium | -            | -           | -            | 0,050<br>mg/l | DIN EN ISO<br>12020<br>DIN EN ISO<br>11885<br>DIN EN ISO<br>17294-2<br>DIN ISO 10566 |
| Österreich     |              |             |              |               |                                                                                      |
| Parameter      | Unterer Wert |             | Oberer Wert  |               |                                                                                      |
| Alu-<br>minium | -            |             | 0,2 mg/l     |               |                                                                                      |

Der Parameter „*Aluminium*“ wird in der Schweizer Norm SIA 385/9 nicht als chemisch - physikalischer Parameter aufgelistet.

**Tabelle 29:** Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, Eisen und Klarheit betreffend [7] [68] [66]

| Deutschland |                                                  |             |                                                |              |                                                 |
|-------------|--------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------|
| Parameter   | Reinwasser                                       |             | Beckenwasser                                   |              | Nachweis                                        |
|             | Unterer Wert                                     | Oberer Wert | Unterer Wert                                   | Oberer Wert  |                                                 |
| Eisen       | -                                                | -           | -                                              | 0,020 mg/l   | DIN 38406-1<br>DIN 38406-32<br>DIN EN ISO 11885 |
| Klarheit    | -                                                | -           | Einwandfreie Sicht über den ganzen Beckenboden |              | -                                               |
| Österreich  |                                                  |             |                                                |              |                                                 |
|             | Unterer Wert                                     |             |                                                | Oberer Wert  |                                                 |
| Eisen       | -                                                |             |                                                | 0,05 mg/l    |                                                 |
| Klarheit    | Einwandfreie Sicht über den gesamten Beckenboden |             |                                                |              |                                                 |
| Schweiz     |                                                  |             |                                                |              |                                                 |
| Parameter   | Beckenwasser                                     |             |                                                |              |                                                 |
|             | Richtwert                                        |             |                                                | Toleranzwert |                                                 |
| Klarheit    | Einwandfreie Sicht über den gesamten Beckenboden |             |                                                |              |                                                 |

Der Parameter „Eisen“ wird in der Schweizer Norm SIA 385/9 nicht als chemisch - physikalischer Parameter aufgelistet. Der Parameter „Klarheit“ ist in allen geltenden Vorschriften Bestandteil:

**Tabelle 30:** Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, die Säurekapazität betreffend [7] [68]

| Deutschland                                                           |              |             |              |             |             |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| Parameter                                                             | Reinwasser   |             | Beckenwasser |             | Nachweis    |
|                                                                       | Unterer Wert | Oberer Wert | Unterer Wert | Oberer Wert |             |
| <b>Säurekapazität <math>K_{S4,3}</math></b>                           |              |             |              |             |             |
| bei Flockung mit Produkten der Basizität $\leq 65\%$                  | -            | -           |              | -           | DIN 38409-7 |
| a) alle Anlagen außer b)                                              | -            | -           | 0,7 mmol/l   | -           |             |
| b) Warmsprudelbecken mit eigener Aufbereitung                         | -            | -           | 0,3 mmol/l   | -           |             |
| bei Flockung mit Produkten der Basizität $> 65\%$ sowie ohne Flockung | -            | -           | 0,3 mmol/l   | -           |             |

**Fortsetzung Tabelle 30:** Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, die Säurekapazität betreffend [7] [68]

| Schweiz                                                                            |                              |              |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------|
|                                                                                    | Beckenwasser                 |              |
|                                                                                    | Richtwert                    | Toleranzwert |
| <b>Säurekapazität <math>K_{S4,3}</math></b><br>- Badebecken<br>- Warmsprudelbecken | > 0,7 mmol/l<br>> 0,5 mmol/l |              |

Der Parameter „Säurekapazität“ wird in Österreich in der Bäderhygieneverordnung nicht explizit aufgelistet. Deutschland und Österreich berücksichtigten jedoch in ihrer geltenden Norm bzw. Verordnung verschiedene Beckeneigenschaften



**Tabelle 31:** Anforderungen an das Reinwasser in D und AT, Nitrat betreffend

[7] [66]

| Deutschland                                                                                |              |             |              |             |                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Parameter                                                                                  | Reinwasser   |             | Beckenwasser |             | Nachweis                                                              |
|                                                                                            | Unterer Wert | Oberer Wert | Unterer Wert | Oberer Wert |                                                                       |
| <b>Nitrat</b> über der Nitratkonzentration des Füllwassers (ggf. des primären Füllwassers) | -            | -           | -            | 20 mg/l     | DIN 38405-9<br>DIN 38405-29<br>DIN EN ISO 10304-1<br>DIN EN ISO 13395 |
| Österreich                                                                                 |              |             |              |             |                                                                       |
|                                                                                            | Unterer Wert |             | Oberer Wert  |             |                                                                       |
| <b>Nitrat</b> über der Nitratkonzentration des Füllwassers                                 |              |             | 30 mg/l      |             |                                                                       |

Der Parameter „*Nitrat*“ wird in der Schweizer Norm SIA 385/9 nicht als chemischer - physikalischer Parameter aufgelistet. Der Grenzwert für Nitrat gilt in Deutschland nicht für Beckenwasser, das mit Ozon aufbereitet ist.

**Tabelle 32:** Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, die Oxidierbarkeit betreffend [7] [68] [66]

| Deutschland                                                                                                                       |              |             |              |             |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-----------------|
| Parameter                                                                                                                         | Reinwasser   |             | Beckenwasser |             | Nachweis        |
|                                                                                                                                   | Unterer Wert | Oberer Wert | Unterer Wert | Oberer Wert |                 |
| Oxidierbarkeit Mn VII→ II über dem Wert des Füllwassers (ggf. Wert der Mischung aus primären und sekundären Füllwasser) als $O_2$ | -            | 0,5 mg/l    | -            | 0,75 mg/l   | DIN EN ISO 8467 |
| $KMnO_4$ -Verbrauch über dem Wert des Füllwassers (ggf. Wert der Mischung aus primären und sekundären Füllwasser) als $KMnO_4$    | -            | 2 mg/l      | -            | 3 mg/l      |                 |

**Fortsetzung Tabelle 32:** Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, die Oxidierbarkeit betreffend [7] [68] [66]

| Österreich                                                                         |                                |                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                                                                                    | Unterer Wert                   | Oberer Wert                                                   |
| Oxidierbarkeit ( $KMnO_4$ -Verbrauch) über dem Wert des Füllwassers<br>oder<br>TOC | -<br><br>-                     | 11 mg/l<br><br>2,0 mg/l<br>bei einem Chloridgehalt > 500 mg/l |
| Schweiz                                                                            |                                |                                                               |
| Oxidierbarkeit ( $KMnO_4$ -Verbrauch) über dem Wert des Füllwassers<br>oder<br>TOC | < 3,0 mg/l<br><br>< 2,0 mg C/l | 5,0 mg/l<br><br>3,0 mg C/l                                    |

In der Schweiz und in Österreich kann anstatt der „Oxidierbarkeit“ auch der „TOC“ also der organisch gebundene Kohlenstoff, der alle organischen Verbindungen widerspiegelt, analysiert werden [68] [66].

**Tabelle 33:** Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, gebundenes Chlor betreffend [7] [68] [66] [61]

| Deutschland                           |              |             |                                     |             |                                        |
|---------------------------------------|--------------|-------------|-------------------------------------|-------------|----------------------------------------|
| Parameter                             | Reinwasser   |             | Beckenwasser                        |             | Nachweis                               |
|                                       | Unterer Wert | Oberer Wert | Unterer Wert                        | Oberer Wert |                                        |
| Gebundenes Chlor                      | -            | 0,2 mg/l    | -                                   | 0,2 mg/l    | DIN EN ISO 7393-1<br>DIN EN ISO 7393-2 |
| Österreich                            |              |             |                                     |             |                                        |
|                                       | Unterer Wert |             | Oberer Wert                         |             |                                        |
| Gebundenes Chlor                      | -            |             | 0,3 mg/l                            |             |                                        |
| Schweiz                               |              |             |                                     |             |                                        |
|                                       | Beckenwasser |             |                                     |             |                                        |
|                                       | Richtwert    |             | Toleranzwert bzw. Grenzwert<br>TBDV |             |                                        |
| Gebundenes Chlor<br>SIA 385/9<br>TBDV |              |             | 0,2 mg/l<br>0,2 mg/l                |             |                                        |

In der DIN 19643 wird angemerkt, dass der Grenzwert des gebundenen Chlors nicht für Kaltwassertauchbecken  $\leq 2 \text{ m}^3$ , die kontinuierlich mit Füllwasser durchströmt werden und für Kaltwassertauchbecken, die eine Temperatur von  $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$  nicht überschreiten, gilt [7].

In Abhängigkeit vom Desinfektionsverfahren setzt die österreichische Bäderhygieneverordnung zusätzlich noch einen Grenzwert für „Chloride“ fest:

**Tabelle 34:** Anforderungen an Beckenwasser, Chloride betreffend [66]

| Österreich                                                                                         |              |                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------|
| Parameter                                                                                          | Unterer Wert | Oberer Wert                   |
| <b>Chloride</b><br>(über dem Wert des Füllwassers)                                                 |              |                               |
| <b>bei Chlorung-Desinfektion</b>                                                                   |              |                               |
| -Beckenwasser                                                                                      |              | 200 mg/l                      |
| -Freibäder                                                                                         |              | 350 mg/l                      |
| -Warmsprudelbecken                                                                                 |              | 100 mg/l                      |
| <b>bei Ozonung und Aktivkohlefiltration im Vollstrom + Chlorung-Desinfektion</b>                   |              |                               |
| -Beckenwasser                                                                                      |              | 300 mg/l                      |
| -Freibäder                                                                                         |              | 350 mg/l                      |
| -Warmsprudelbecken                                                                                 |              | 100 mg/l                      |
| <b>bei Ozonung und Aktivkohlefiltration im Teilstrom + Chlorung-Desinfektion</b>                   |              |                               |
| -Beckenwasser                                                                                      |              | 300 mg/l                      |
| -Freibäder                                                                                         |              | 350 mg/l                      |
| -Warmsprudelbecken                                                                                 |              | 100 mg/l                      |
| <b>bei Desinfektion mit Chlor-Chlordioxid-verfahren unter Zugabe einer wässrigen Chloritlösung</b> |              |                               |
| -Beckenwasser                                                                                      |              | 300 mg/l                      |
| -Freibäder                                                                                         |              | 350 mg/l                      |
| -Warmsprudelbecken                                                                                 |              | 100 mg/l                      |
| -Salzwasserbecken                                                                                  |              | 24,3 g/l                      |
|                                                                                                    |              | (entspricht max. 40 g/l NaCl) |

Für den Parameter „Trihalogenmethane“ wird ebenfalls in den drei Ländern ein Grenzwert festgelegt:

**Tabelle 35:** Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser,  
Trihalogenmethane betreffend [7] [68] [66] [61]

| Deutschland                           |              |             |                                                        |             |                                                                         |
|---------------------------------------|--------------|-------------|--------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Parameter                             | Reinwasser   |             | Beckenwasser                                           |             | Nachweis                                                                |
|                                       | Unterer Wert | Oberer Wert | Unterer Wert                                           | Oberer Wert |                                                                         |
| Trihalogenmethane                     | -            | -           | -                                                      | 0,02 mg/l   | DIN 38407-30<br>DIN EN ISO 15680<br>DIN EN ISO 10301:1997 (Verfahren 2) |
| Österreich                            |              |             |                                                        |             |                                                                         |
|                                       | Unterer Wert |             | Oberer Wert                                            |             |                                                                         |
| Trihalogenmethane                     |              |             | Sollwert 0,020 mg/l; darf 0,1 mg/l nicht überschreiten |             |                                                                         |
| Schweiz                               |              |             |                                                        |             |                                                                         |
|                                       | Richtwert    |             | Toleranzwert                                           |             |                                                                         |
| <u>Trihalogenmethane</u><br>SIA 385/9 |              |             | 0,020 mg/l                                             |             |                                                                         |
| TBDV                                  |              |             | 0,020 mg/l in Hallenbädern<br>0,050 mg/l in Freibädern |             |                                                                         |

Der Grenzwert darf in Freibädern während erhöhter Chlorungszeiten, um die mikrobiologischen Anforderungen zu erfüllen, überschritten werden.

Der Grenzwert gilt in Deutschland, wie beim Parameter „gebundenes Chlor“ nicht für Kaltwassertauchbecken  $\leq 2 \text{ m}^3$ , die kontinuierlich mit Füllwasser durchströmt werden und für Kaltwassertauchbecken, die eine Temperatur von 15°C nicht überschreiten [7].

Der Parameter „*Bromat*“ wird nur in Deutschland und der Schweiz aufgelistet:

**Tabelle 36:** Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, Bromat  
betreffend [7] [68] [61]

| Deutschland                        |              |             |              |                                     |                                           |
|------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|
| Parameter                          | Reinwasser   |             | Beckenwasser |                                     | Nachweis                                  |
|                                    | Unterer Wert | Oberer Wert | Unterer Wert | Oberer Wert                         |                                           |
| Bromat                             | -            | -           | -            | 2,0 mg/l                            | DIN EN ISO 15061<br>DIN EN ISO 11206:2012 |
| Schweiz                            |              |             |              |                                     |                                           |
|                                    | Beckenwasser |             |              |                                     |                                           |
|                                    | Richtwert    |             |              | Toleranzwert bzw. Grenzwert<br>TBDV |                                           |
| <u>Bromat</u><br>SIA 385/9<br>TBDV |              |             |              | 0,2 mg/l<br>0,2 mg/l                |                                           |

Die Parameter „*Chlorit und Chlorat*“ werden in den drei Ländern berücksichtigt. Zusätzlich zu „*Chlorit und Chlorat*“ wird in der österreichischen Bäderhygieneverordnung außerdem noch „*Chlordioxid*“, ein Radikal, das unter anderem aus Chloriten und Chloraten entstehen kann, aufgelistet

**Tabelle 37:** Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, die Summe von Chlorit und Chlorat betreffend [7] [68] [66] [61]

| Deutschland                                                                                                      |              |             |              |             |                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------------|
| Parameter                                                                                                        | Reinwasser   |             | Beckenwasser |             | Nachweis           |
|                                                                                                                  | Unterer Wert | Oberer Wert | Unterer Wert | Oberer Wert |                    |
| Summe Chlorit und Chlorat                                                                                        | -            | -           | -            | 30,0 mg/l   | DIN EN ISO 10304-4 |
| Österreich                                                                                                       |              |             |              |             |                    |
|                                                                                                                  | Unterer Wert |             | Oberer Wert  |             |                    |
| Chlorit<br>bei Desinfektion mit Chlor-<br>Chlordioxidverfahren unter Zugabe<br>einer wässrigen Chloritlösung     |              |             | 0,1 mg/l     |             |                    |
| Chlordioxid<br>bei Desinfektion mit Chlor-<br>Chlordioxidverfahren unter Zugabe<br>einer wässrigen Chloritlösung |              |             | 0,3 mg/l     |             |                    |



**Fortsetzung Tabelle 37:** Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, die Summe von Chlorit und Chlorat betreffend [7] [68] [66] [61]

| Schweiz                             |              |                             |
|-------------------------------------|--------------|-----------------------------|
|                                     | Beckenwasser |                             |
|                                     | Richtwert    | Toleranzwert bzw. Grenzwert |
| <u>Chlorat</u><br>SIA 385/9<br>TBDV | < 4 mg/l     | 10 mg/l<br>10 mg/l          |

Der Parameter „*Arsen*“ wird in der Schweizer Norm SIA 385/9 und in Österreich nicht als chemischer oder physikalischer Parameter aufgelistet.

**Tabelle 38:** Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, Arsen  
betreffend [7]

| Deutschland |              |             |              |             |                                                                            |
|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Parameter   | Reinwasser   |             | Beckenwasser |             | Nachweis                                                                   |
|             | Unterer Wert | Oberer Wert | Unterer Wert | Oberer Wert |                                                                            |
| Arsen       | -            | -           | -            | 0,2 mg/l    | DIN 38405-35<br>DIN EN ISO 11969<br>DIN EN ISO 11885<br>DIN EN ISO 17294-2 |

In der Schweiz werden in der SIA 385/9 sowie in der TBDV zusätzliche Parameter aufgeführt, die in Deutschland nicht in der DIN 19643 aufzufinden sind. Zum einen wird in der TBDV „*Bromid*“ mitaufgelistet [61] und zum anderen in der SIA 385/9 zusätzlich die Parameter *Ozon*, *Harnstoff* und *Algizide* aufgelistet (vergleiche Tabelle 39, Tabelle 40, Tabelle 41). Beim Parameter „*Algizide*“ wird jedoch lediglich darauf hingewiesen, dass die Anwendung zu vermeiden ist [61].

**Tabelle 39:** Anforderungen an das Beckenwasser, Ozon betreffend [68] [61]

| Schweiz                          |              |                                     |
|----------------------------------|--------------|-------------------------------------|
| Parameter                        | Beckenwasser |                                     |
|                                  | Richtwert    | Toleranzwert bzw. Grenzwert<br>TBDV |
| <u>Ozon</u><br>SIA 385/9<br>TBDV |              | 0,02 mg/l<br>0,02 mg/l              |

**Tabelle 40:** Anforderungen an das Badewasser, freies Brom, gebundenes Brom und Bromid betreffend [61] \*

| Schweiz                                                                                                       |              |                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------|
| Parameter                                                                                                     | Beckenwasser |                                                         |
|                                                                                                               | Richtwert    | Toleranzwert bzw.<br>Grenzwert TBDV                     |
| <b>Freies Brom</b><br><u>TBDV</u><br>Badebecken<br>Warmsprudelbecken<br><b>Brom gebunden</b><br><b>Bromid</b> |              | 0,5 – 1,4 mg/l<br>1,2 – 2,2 mg/l<br>0,5 µg/l<br>50 mg/l |

Erläuterung zu Tabelle 40:

\* Grenzwerte beziehen sich nur auf Bäder, die auf Brombasis das Desinfektionsverfahren durchführen. Hierbei sollte der pH-Wert zwischen 6,8 und 7,2 liegen und das freie Brom in einem Schwimm- und Nichtschwimmerbecken zwischen 0,5 mg/l und 1,4 mg/l liegen. In Sprudelbecken wird eine höhere Brom-Konzentration von 1,2 mg/l bis 2,2 mg/l angestrebt [61].

**Tabelle 41:** Anforderungen an das Beckenwasser, Harnstoff betreffend [68] [61]

| Schweiz          |              |                                     |
|------------------|--------------|-------------------------------------|
| Parameter        | Beckenwasser |                                     |
|                  | Richtwert    | Toleranzwert bzw. Grenzwert<br>TBDV |
| Harnstoff        |              |                                     |
| <u>SIA 385/9</u> |              |                                     |
| Hallenbad        |              | 1 mg/l                              |
| Freibad          |              | 3 mg/l                              |
| <u>TBDV</u>      |              |                                     |
| Hallenbad        | < 1 mg/l     | 1 mg/l                              |
| Freibad          | < 2 mg/l     | 3 mg/l                              |

## 5 Fragebogen der Umfrage der Trinkwasser- und Badewasserhygiene

Abbildung 1: Fragebogen Trinkwasser- und Badewasserhygiene

1

### Fragebogen

### Trinkwasser- und Badewasserhygiene

|                            |                                                                        |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| im Rahmen der Dissertation | <b>Kontakt:</b>                                                        |
| von                        | Sibylle Heilinger                                                      |
| Sibylle Heilinger          | Eichenstraße 16                                                        |
| -prakt. Tierärztin-        | 87463 Dietmannsried                                                    |
|                            | <a href="mailto:Sibylle-heilinger@web.de">Sibylle-heilinger@web.de</a> |

---

**Zum Ausfüllen bitte entsprechende Auswahlfelder ☐ durch Mausclick auswählen ☒ , bzw. in das freie Feld klicken und Antwort eintragen.**

---

#### 1 Trinkwasserverordnung – Epichlorhydrin, Vinylchlorid, Acrylamid

1.1 Wie wird in Ihrem Landkreis die Einhaltung der Anforderungen der produktspezifischen Parameter Epichlorhydrin, Vinylchlorid und Acrylamid nach der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) sichergestellt?

☐ Wert wird auf Grundlage der max. Freisetzung nach den Produktspezifikationen des verwendeten Polymers, welches in Kontakt mit dem Trinkwasser kommt, berechnet.

☐ Wertermittlung durch Analyse des Trinkwassers. Falls ja, welche Parameter? ☐ Epichlorhydrin ☐ Vinylchlorid ☐ Acrylamid

1.2 Welches Probenahmeverfahren wird bei der Analyse dieser drei Parameter im Trinkwasser durchgeführt (an der Entnahmestelle, an der das Wasser zum Verzehr entnommen wird)?

☐ größere Anzahl an Zufallstichproben

☐ Probennahme nach Ablaufen und Stagnation (gestaffelte Stagnationsbeprobung)

**Fortsetzung Abbildung 1: Fragebogen Trinkwasser- und Badewasserhygiene**

- 1.3 Wird Rohwasser auch auf diese drei produktspezifischen Parameter untersucht?<sup>2</sup>  
 Falls ja, bitte ankreuzen: ☐ Epichlorhydrin ☐ Vinylchlorid ☐ Acrylamid

- 1.4 Wer führt die Untersuchungen durch? Wie oft?   
☐ Zugelassenes Labor für Unternehmer oder Inhaber der Anlage  
☐ Gesundheitsamt bzw. Beauftragter des Gesundheitsamts

- 1.5 Gibt es in Ihrem Landkreis Grenzwertüberschreitungen bei diesen drei Parametern?  
☐ Ja Wenn ja, wie hoch ist die maximale Überschreitung?  
☐ Nein

**2 Radioaktivität**

- 2.1 Auf welche ionisierende Strahlung wird untersucht?  
 Rohwasser ☐  $\alpha$  ☐  $\beta$  ☐  $\gamma$  Trinkwasser ☐  $\alpha$  ☐  $\beta$  ☐  $\gamma$

- 2.2 Auf welche radioaktiven Stoffe wird das Roh- und Trinkwasser untersucht?

| natürliche Radionuklide | Rohwasser                | Trinkwasser              | künstliche Radionuklide | Rohwasser                | Trinkwasser              |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Tritium                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | C-14                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pb-210                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Co-60                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Po-210                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Sr-90                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Rn-222                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | I-131                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ra-226                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Cs-134                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ra-228                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Cs-137                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| U-234                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Pu-239/Pu-240           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| U-238                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Am-241                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- 2.3 Welches Verfahren wird für die Erstuntersuchung im Hinblick auf die Richtdosis durch natürliche Radionuklide angewendet?  
☐ Screeningverfahren (Bestimmung der Gesamt-  $\alpha$ -Aktivitätskonzentration)  
☐ Einzelnuklidbestimmung

**Fortsetzung Abbildung 1: Fragebogen Trinkwasser- und Badewasserhygiene**

3

2.4 Wer führt diese Untersuchungen durch?

☐ Zugelassenes Labor (für Inhaber/Betreiber)    ☐ Gesundheitsamt

2.5 Gibt es in Ihrem Landkreis eine Überschreitung der max. Richtdosis (0,1mSv/a)?

☐ Ja      Falls ja, wie hoch ist die maximale Abweichung?

☐ Nein

2.6 Wie oft werden die Untersuchungen durchgeführt?

**3 Pflanzenschutzmittel**

3.1 Welches Wasser wird in Ihrem Landkreis auf Pflanzenschutzmittel untersucht?

☐ Rohwasser    ☐ Trinkwasser

3.2 Wie wird die Einhaltung der Anforderungen der Grenzwerte für Pflanzenschutzmittel gemäß der „Trinkwasserverordnung“ (TrinkwV 2001) sichergestellt?

☐ Stichprobenartige Untersuchungen auf Wirkstoffe, die nach Angaben von Anwendern oder von Sachverständigen in größeren Mengen und/oder über längere Zeiträume im Einzugsgebiet angewendet oder aufgrund der Nutzungsart vermutet werden. Falls ja, welche?

☐ regelmäßige Untersuchung auf

|                      |                          |                     |                          |                  |                          |
|----------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|
| Atrazin              | <input type="checkbox"/> | Isoproturon         | <input type="checkbox"/> | Aldrin           | <input type="checkbox"/> |
| Desethylatrazin      | <input type="checkbox"/> | Metazachlor         | <input type="checkbox"/> | Dieldrin         | <input type="checkbox"/> |
| Desisopropylatrazin  | <input type="checkbox"/> | Dichlobenil         | <input type="checkbox"/> | Heptachlor       | <input type="checkbox"/> |
| Simazin              | <input type="checkbox"/> | 2,6-Dichlorbenzamid | <input type="checkbox"/> | Heptachlorepoxyd | <input type="checkbox"/> |
| Terbutylazin         | <input type="checkbox"/> | Bentazon            | <input type="checkbox"/> | Dichlorprop      | <input type="checkbox"/> |
| Desethylterbutylazin | <input type="checkbox"/> | Diuron              | <input type="checkbox"/> |                  |                          |

**Fortsetzung Abbildung 1: Fragebogen Trinkwasser- und Badewasserhygiene**

4

☐ Untersuchung der kompletten Pflanzenschutzmittel (PSM) – Liste des LfU Bayern

☐ Andere:

3.3 Was wird bei der Ermittlung des Wertes für Pflanzenschutzmittel berücksichtigt?

☐ Summe der bei dem Kontrollverfahren nachgewiesenen und mengenmäßig bestimmten einzelnen Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe

☐ Einzelne Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe

3.4 Wer führt diese Untersuchungen durch?

☐ Zugelassenes Labor (für Inhaber/Betreiber)

☐ Gesundheitsamt

3.5 Wie oft werden die Untersuchungen durchgeführt?

3.6 Gab es Grenzwertüberschreitungen in den letzten Jahren? ☐ Ja ☐ Nein

#### 4 Badewasser

4.1 Auf welche chemischen Parameter nach DIN 19643 - „*Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser*“- wird in ihrem Landkreis das jeweilige Wasser untersucht?

|                       | Füllwasser               | Filtrat                  | Reinwasser               | Beckenwasser             | Rohwasser                |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Gebundenes Chlor      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Trihalogenmethane     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Summe Chlorit/Chlorat | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Bromat                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Arsen                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Eisen                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Aluminium             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4.2 Bestehen, abhängig von der Art des Wassers im Becken, Unterschiede in der Beprobung ( z.B. Sole Heil- oder Thermalwasser)? ☐ Ja ☐ Nein



**Fortsetzung Abbildung 1: Fragebogen Trinkwasser- und Badewasserhygiene**

5

4.3 Wer führt diese Untersuchungen durch?

☐ Zugelassenes Labor (für Inhaber/Betreiber) ☐ Gesundheitsamt

4.4 Bestehen Grenzwertüberschreitungen folgender Stoffe, falls ja, bitte maximalen Wert eintragen:

☐ THM  ☐ Chlorit/ Chlorat  ☐ Bromat

**5 Kommentare**

**Fortsetzung Abbildung 1: Fragebogen Trinkwasser- und Badewasserhygiene**

|                                                                      |                      |   |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------|---|
|                                                                      |                      | 6 |
| Ansprechpartner:                                                     | <input type="text"/> |   |
| Landkreis:                                                           | <input type="text"/> |   |
| <b>Herzlichen Dank für Ihre investierte Zeit und Ihre Teilnahme!</b> |                      |   |



## X Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabelle 1:</b> Maßnahmewert Legionella .....                                                                                                                    | 8   |
| <b>Tabelle 2:</b> Referenzwert „Somatische Coliphagen“ .....                                                                                                       | 9   |
| <b>Tabelle 3:</b> Mikrobiologische Kriterien im Vergleich .....                                                                                                    | 36  |
| <b>Tabelle 4:</b> Untersuchungsumfang der mikrobiologischen Parameter der<br>routinemäßigen und umfassenden Kontrollen .....                                       | 39  |
| <b>Tabelle 5:</b> Grenzwert-Unterschiede .....                                                                                                                     | 40  |
| <b>Tabelle 6:</b> In Richtlinie (EU) 2020/2184 neu aufgenommene chemische Parameter<br>.....                                                                       | 43  |
| <b>Tabelle 7:</b> Untersuchungsumfang der chemischen Parameter der routinemäßigen<br>und umfassenden Kontrolle .....                                               | 45  |
| <b>Tabelle 8:</b> Toleranzwerte im Filtrat nach ÖNORM M 6215 .....                                                                                                 | 53  |
| <b>Tabelle 9:</b> <i>KMnO<sub>4</sub></i> -Verbrauch bzw. TOC Füllwasser und Filtrat .....                                                                         | 55  |
| <b>Tabelle 10:</b> Gegenüberstellung der Untersuchung der Badehygiene-Parameter in<br>Deutschland, Österreich und in der Schweiz .....                             | 57  |
| <b>Tabelle 11:</b> Ergebnisse der Umfrage zu „Epichlorhydrin, Vinylchlorid, Acrylamid“<br>.....                                                                    | 64  |
| <b>Tabelle 12:</b> Ergebnisse der Umfrage zu „Radioaktivität“ .....                                                                                                | 73  |
| <b>Tabelle 13:</b> Ergebnisse der Umfrage zu „Pflanzenschutzmittel“ .....                                                                                          | 85  |
| <b>Tabelle 14:</b> Ergebnisse der Umfrage zu „Badehygiene“ .....                                                                                                   | 101 |
| <b>Tabelle 15:</b> Mindest-Grundintervalle in Bezug auf Gebäudekategorien .....                                                                                    | 113 |
| <b>Tabelle 16:</b> Vergleich Chemische Parameter, deren Konzentration sich im<br>Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation nicht<br>erhöht ..... | 168 |
| <b>Tabelle 17:</b> Vergleich Chemische Parameter, deren Konzentration im<br>Verteilungsnetz einschließlich der Trinkwasser-Installation ansteigen<br>kann .....    | 173 |

|                                                                                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabelle 18:</b> Pathologische Eigenschaften PAK .....                                                                                                                                              | 175 |
| <b>Tabelle 19:</b> Vergleich allgemeine Indikatorparameter .....                                                                                                                                      | 177 |
| <b>Tabelle 20:</b> Zusätzliche Parameter, die in Österreich untersucht werden, die aber<br>nicht in der Trinkwasserverordnung genannt werden .....                                                    | 181 |
| <b>Tabelle 21:</b> Vergleich der Parameter, die in der Schweizerischen Trinkwasser-<br>verordnung aufgeführt werden, aber nicht in der deutschen oder<br>österreichischen Trinkwasserverordnung ..... | 184 |
| <b>Tabelle 22:</b> Mikrobiologische Parameter und ihre Grenzwerte nach der DIN 19643<br>.....                                                                                                         | 187 |
| <b>Tabelle 23:</b> Mikrobiologische Parameter nach der österreichischen BHygV 2012<br>.....                                                                                                           | 190 |
| <b>Tabelle 24:</b> Mikrobiologische Parameter nach SIA 385/9 .....                                                                                                                                    | 191 |
| <b>Tabelle 25:</b> Chemische und physikalisch-chemische Anforderungen an das<br>Reinwasser und das Badewasser für freies Chlor, Redoxspannung und<br>pH-Wert .....                                    | 193 |
| <b>Tabelle 26:</b> Anforderungen in D an Reinwasser und Beckenwasser, die Färbung<br>betreffend .....                                                                                                 | 199 |
| <b>Tabelle 27:</b> Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, die Trübung<br>betreffend .....                                                                                                  | 199 |
| <b>Tabelle 28:</b> Anforderungen in D und AT an Reinwasser und Badebeckenwasser,<br>Aluminium betreffend .....                                                                                        | 200 |
| <b>Tabelle 29:</b> Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, Eisen und<br>Klarheit betreffend .....                                                                                           | 201 |
| <b>Tabelle 30:</b> Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, die<br>Säurekapazität betreffend .....                                                                                           | 202 |
| <b>Tabelle 31:</b> Anforderungen an das Reinwasser in D und AT, Nitrat betreffend                                                                                                                     | 204 |
| <b>Tabelle 32:</b> Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, die<br>Oxidierbarkeit betreffend .....                                                                                           | 205 |

|                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabelle 33:</b> Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, gebundenes Chlor betreffend .....                  | 207 |
| <b>Tabelle 34:</b> Anforderungen an Beckenwasser, Chloride betreffend .....                                             | 208 |
| <b>Tabelle 35:</b> Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, Trihalogenmethane betreffend .....                 | 209 |
| <b>Tabelle 36:</b> Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, Bromat betreffend .....                            | 210 |
| <b>Tabelle 37:</b> Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, die Summe von Chlorit und Chlorat betreffend ..... | 211 |
| <b>Tabelle 38:</b> Anforderungen an Reinwasser und Badebeckenwasser, Arsen betreffend .....                             | 213 |
| <b>Tabelle 39:</b> Anforderungen an das Beckenwasser, Ozon betreffend .....                                             | 214 |
| <b>Tabelle 40:</b> Anforderungen an das Badewasser, freies Brom, gebundenes Brom und Bromid betreffend .....            | 214 |
| <b>Tabelle 41:</b> Anforderungen an das Beckenwasser, Harnstoff betreffend .....                                        | 215 |



## **XI Danksagung**

Zuerst möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. Erwin Märtlbauer für die Überlassung des interessanten und aktuellen Themas der hier vorliegenden Arbeit bedanken. Herzlichen Dank für die freundliche, umfassende Unterstützung, die fachliche Betreuung und die Mühe bei der Durchsicht meiner Dissertation.

Mein besonderer Dank geht an Frau Dr. Monika Knödlseeder – Geschäftsführerin der muva GmbH Kempten – für die Ermöglichung dieser Arbeit und den intensiven Austausch zum gesamten Themenbereich.

Ich bedanke mich auch bei Herrn Dr. Armin Fäßler, muva GmbH Kempten, für seine Mühe bei der Betreuung dieser Arbeit und seine vielen fachkundigen Ratschläge.

Ganz besonders möchte ich mich auch bei allen Mitarbeitenden der amtlichen Stellen bedanken, die bereitwillig an meiner Umfrage teilgenommen haben und mir bei weiteren Fragen unterstützend Auskunft gegeben haben.

Besonders herzlich bedanke ich mich bei Angelika Uher, meiner Chefin in der Kleintierpraxis, für ihre Unterstützung, ihre Ratschläge, ihre aufmunternden Worte und das vertrauensvolle Verständnis.

Mein Dank gilt auch Susanne Bauberger, die mir mit ihrer Zeit und ihren Ratschlägen bei der Formatierung der Arbeit sehr geholfen hat.

Ich bedanke mich von ganzem Herzen bei Daniel Suchy, der mir in dieser oftmals stressigen Zeit mit wertvollen Anregungen und nicht zuletzt immer aufmunternden sowie unterstützenden Worten zur Seite stand. Ich bedanke mich außerdem vielmals für die Hilfestellung bei der Formatierung der Umfrage und anderen IT-Fragen.

Abschließend möchte ich mich ebenfalls von ganzem Herzen bei meiner Familie bedanken. Meinen Eltern, Gabriele und Emmerich Heiling, danke ich für die Ermöglichung meines Studiums der Veterinärmedizin und die immerwährende Unterstützung. Vielen Dank für das Korrekturlesen, die wertvollen Ideen, die Mut gebenden Worte und den Rückhalt in jeglichen Lebenssituationen.