

Technische Universität Berlin
Fakultät I – Geistes- und Bildungswissenschaften
Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre
Modul AL-P4: Produkte und Produktion
Semester: Wintersemester 2015/2016
BetreuerIn: Prof. L. Diemel

**Wie entstehen unterschiedliche Geschmacksnuancen im Mineralwasser?
In welchem Zusammenhang stehen dabei die unterschiedlichen
Fertigungsverfahren?**

| Name | E Mail | MatrikelNr. | Verfasser/in der Kapitel |
|-----------------|---------------|--------------------|-------------------------------------|
| Lisa Porzell | | | 4, 7 |
| Julia Höft | | | 1, 2, 3 |
| Nicola Bendzko | | | 5, 8 |
| Sascha-Leon Hör | | | 6 |

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildungsverzeichnis | 4 |
| 1 Begriffsdefinition | 5 |
| 1.1 Inhaltsstoffe von Wasser | 7 |
| 1.2. Verunreinigung im Wasser..... | 8 |
| 2 Trinkwasseraufbereitung..... | 10 |
| 3. Qualität und Verbraucherschutz | 12 |
| 3.1 DIN-Norm bzw. Regelwerk des DVGW..... | 12 |
| 3.2 EU-Trinkwasserrichtlinien und EU- Mineralwasserrichtlinien | 13 |
| 3.3 Umweltaspekte | 14 |
| 4 Mineralwasser | 15 |
| 4.1 Historischer Exkurs..... | 15 |
| 4.2 Natürliche Mineralwässer und ihre Einteilung | 17 |
| 4.3 Kennzeichnung auf Etiketten | 19 |
| 5 Chemische Zusammensetzung von Mineralwasser..... | 22 |
| 5.1 Eigenschaften der Mineralien und Spurenelemente in Mineralwasser | 22 |
| 5.2 Kohlenstoffdioxid im Wasser | 26 |
| 5.2 Kohlenstoffdioxid im Wasser | 28 |
| 5.3 Absorptionsfähigkeiten..... | 30 |
| 6. Ausgewählte Beispiele von Fertigungsprozessen..... | 31 |
| 6.1 Enteisung..... | 31 |
| 6.2 Anreicherungen mit Kohlensäure | 33 |
| 6.3 Etikettierungen | 36 |
| 6.4 Schädlichkeit durch die Verwendung von Plastikflaschen..... | 37 |
| 7 Mineralwasserverkostung | 42 |
| 7.1 Vorbereitung..... | 42 |
| 7.2 Durchführung..... | 43 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 7.3 Ergebnisse und Auswertung | 43 |
| 7.4 Rückschlüsse | 46 |
| 8 Einbettung in den Unterricht | 47 |
| 8.1 Fachliches Fazit | 48 |
| 8.2 Fazit der Projektarbeit | 50 |
| 9 Literaturverzeichnis | 51 |
| Anlage | 56 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| <i>Abbildung 1: Systemabschnitt eines Kies-bzw. Sandfilters</i> | 32 |
| <i>Abbildung 2: CO₂ Löslichkeit in Abhängigkeit von der Temperatur des Wassers</i> | 34 |
| <i>Abbildung 3: Fragebogen für die Mineralwasserverkostung</i> | 41 |
| <i>Abbildung 4: Vorbereitungen für die Verkostung</i> | 42 |
| <i>Abbildung 5: Benotung von Geschmack und Kohlensäuregehalt</i> | 42 |
| <i>Abbildung 6: Geschmacksnuancen und Anmerkungen</i> | 43 |

1 Begriffsdefinition

Trinkwasser gilt in Deutschland als eines der am besten kontrollierten Lebensmittel. Es ist eine Selbstverständlichkeit, dass man das Wasser aus dem Wasserhahn in Deutschland unbedenklich trinken kann. Trotz der guten Wasserqualität aus dem Wasserhahn, kaufen Menschen in Flaschen abgefülltes Wasser. Dabei kann es sich um Quell-, Tafel-, Mineral oder Heilwasser handeln. Die erste rechtliche Grundlage wurde 1975 in Bonn erlassen und nannte sich Verordnung über Trinkwasser und über Brauchwasser für Lebensmittelbetriebe¹. Die aktuelle deutsche Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) wurde am 21. Mai 2001 erlassen und beinhaltet unter anderem allgemeine Vorschriften, Begriffsbestimmungen sowie Beschaffenheiten des Trinkwassers und ist somit der gesetzliche Rahmen für die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. Die TrinkwV 2001 setzt die in den EU-Richtlinien 98/83/EG verordneten Standards, die am 3. November 1998 erlassen wurden, um. In der TrinkwV 2001 werden jedoch nicht Mineral-, Quell- und Tafelwasser sowie Heilwasser geregelt.² Bis auf Heilwasser sind diese in der Mineral- und Tafelwasser-Verordnung (Min/TafelWV) rechtlich verankert. Die Min/TafelWV wurde erstmals am 01. August 1984 angefertigt und zuletzt am 22. Oktober 2014 geändert. In der Min/TafelWV befinden sich Verordnungen, welche für die Herstellung, Behandlung und Inverkehrbringen von natürlichem Mineral-, Quell- und Tafelwasser sowie sonstigen für den Verbraucher bestimmten Fertigpackungen abgefülltem Trinkwasser bestimmt sind.² Wie die TrinkwV beruht auch die Min/TafelWV auf EU-Richtlinien(2009/54/EG)³.

Natürliches Mineralwasser wird im § 2 der Min/TafelWV wie folgt definiert:

Natürliches Mineralwasser ist Wasser, das folgende besondere Anforderungen erfüllt:

1. Es hat seinen Ursprung in unterirdischen, vor Verunreinigungen geschützten Wasservorkommen und wird aus einer oder mehreren natürlichen oder künstlich erschlossenen Quellen gewonnen;
2. es ist von ursprünglicher Reinheit und gekennzeichnet durch seinen Gehalt an Mineralien, Spurenelementen oder sonstigen Bestandteilen und

¹ Bundesgesetzblatt (1975): Verordnung über Trinkwasser und über Brauchwasser für Lebensmittelbetriebe, S. 453. ² Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (2013): Trinkwasserverordnung, S. 1.

² Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (2014): Mineral- und Tafelwasser-Verordnung, S.1.

³ Amt für Veröffentlichungen der EU (2009): Zusammenfassung Richtlinie 2009/54/EG.

gegebenenfalls durch bestimmte, insbesondere ernährungsphysiologische Wirkungen;
3. seine Zusammensetzung, seine Temperatur und seine übrigen wesentlichen Merkmale bleiben im Rahmen natürlicher Schwankungen konstant; durch Schwankungen in der Schüttung werden sie nicht verändert.⁴

Quellwasser wird im § 10 der Min/TafelWV wie folgt definiert:

(1) Quellwasser ist Wasser, das
1. seinen Ursprung in unterirdischen Wasservorkommen hat und aus einer oder mehreren natürlichen oder künstlich erschlossenen Quellen gewonnen worden ist, [...]⁵

Tafelwasser wird, wie auch das Quellwasser, im § 10 der Min/TafelWV wie folgt definiert:

(2) Tafelwasser ist Wasser, das eine oder mehrere der von § 11 Abs. 1 erfaßten Zutaten enthält.⁶

Die in der Begriffsbestimmung genannten Zutaten, welche in § 11 aufgelistet sind, sind folgende:

1. Natürliches salzreiches Wasser (Natursole) oder durch Wasserentzug im Gehalt an Salzen angereichertes natürliches Mineralwasser,
2. Meerwasser,
3. Natriumchlorid, 4. Magnesiumchlorid.
Magnesiumchlorid nach Satz 1 Nummer 4 und Magnesiumcarbonat dürfen nur bis zu einer Gesamtkonzentration an Magnesium von 77 mg/l im angereicherten Tafelwasser zugesetzt werden.[...]⁷

Heilwasser wird als Arzneimittel betrachtet und im rechtlichen Sinne durch das Arzneimittelrecht definiert. Dem Heilwasser muss wissenschaftlich nachgewiesen worden sein, dass es eine therapeutische Wirksamkeit hat. Die

⁴ Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (2014): Mineral- und Tafelwasser-Verordnung, S. 2.

⁵ Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (2014): Mineral- und Tafelwasser-Verordnung, S. 5 f.

⁶ Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (2014): Mineral- und Tafelwasser-Verordnung, S. 6.

⁷ Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (2014): Mineral- und Tafelwasser-Verordnung, S. 6.

Arzneimittelbehörde erlässt die Zulassung als Heilmittel, in dem sie eine vorbeugende, lindernde oder auch heilende Qualität des Wassers amtlich bestätigt. Des Weiteren haben Heilwasser eine besondere Kennzeichnungspflicht, die unter anderem eine Trinkempfehlung ausspricht.⁸

Das Siegel „Bio-Mineralwasser“ oder „Bio-Quellwasser“ können Mineralwasser/Quellwasser erhalten, die den Kriterien der Qualitätsgemeinschaft Biomineralwasser e.V. erfüllt. Am 13.09.2012 wurde dieses Bio-Mineralwasserkonzept vom Bundesgerichtshof mit den folgenden zentralen Kriterien für zulässig erklärt.⁹

Nach dem Urteil muss Bio-Mineralwasser drei zentrale Kriterien erfüllen:

- Es muss umweltfreundlich hergestellt und abgefüllt werden
- Es muss weitestgehend frei von Rückständen und Schadstoffen sein
- Es muss durch einen Verband nach sinnvollen und angemessenen Kriterien zertifiziert werden¹⁰

1.1 Inhaltsstoffe von Wasser

Wasser ist eine chemische Verbindung, welche aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff besteht (H_2O). Chemisch reines Wasser, welches in der Natur praktisch nicht vorkommt, ist bei Zimmertemperatur durchsichtig, farblos und eine klare Flüssigkeit, die außerdem geruchs- sowie geschmackslos ist. Wasser ist in der Natur nicht chemisch rein, weil es unterschiedliche Mengen von mineralischen und organischen Bestandteilen sowie verschiedenste Gase und Mikroorganismen durch den Wasserkreislauf aufnimmt. Wassermoleküle haben eine positive und eine negativ geladene Seite, so dass zwischen den einzelnen Wassermolekülen Wasserstoffbrücken entstehen. Durch diese Anziehungskraft entstehen im flüssigen Zustand Verknüpfungen, die Cluster genannt werden. Im Wasser sind Mineralstoffe, Spurenelemente und Gase, die den Geschmack des Wassers beeinflussen enthalten. Mineralstoffe und

⁸ Freitag-Ziegler (2012): Wasser, S. 63.

⁹ Qualitätsgemeinschaft Biomineralwasser e.V. (2015): Richtlinien für für Bio-Mineralwasser, BioQuellwasser und als Zutat für daraus hergestellte Biogetränke, S. 3.

¹⁰ Qualitätsgemeinschaft Biomineralwasser e.V. (2015): Richtlinien für für Bio-Mineralwasser, BioQuellwasser und als Zutat für daraus hergestellte Biogetränke, S. 3.

Spurenelemente liegen in gelöster Form als Ionen vor. Die Ionen werden unterschieden in Kationen (positive Ladung) und Anionen (negative Ladung).¹¹

Auf der Internetseite der Berliner Wasserbetriebe werden folgende Angaben zu den Mineralstoffen und Spurenelementen gemacht:

Tab. 1

Das Berliner Trinkwasser enthält folgende wichtige Mineralstoffe und Spurenelemente:

| Stand 2014 | Angabe in mg/l | Grenzwert in mg/l | Empfohlene Tagesmenge in mg |
|------------|----------------|-------------------|-----------------------------|
| Calcium | 98 | - | 800 |
| Eisen | < 0,03 | 0,2 | 14 |
| Kalium | 4,52 | - | 1 |
| Magnesium | 9,54 | - | 300 |
| Natrium | 30,56 | 200 | - |
| Chlorid | 47,67 | 250 | - |

Die in Tabelle 1 aufgezählten Mineralstoffe und Spurenelemente stellen nur eine geringe Anzahl von den möglichen Elementen dar. In einer ausführlichen Analyse der Wasserwerke Berlin, die 2014 durchgeführt worden ist, werden weitere Mineral- und Spurenelemente analysiert, sowie anorganische Spurenelemente z. B. Aluminium, Arsen, Blei, Kupfer und Uran gemessen. Zudem werden auch organische Spurenelemente wie z. B. Benzol und Pflanzenschutzmittel nachgewiesen.¹²

1.2. Verunreinigung im Wasser

Jährlich erkranken schätzungsweise eine Milliarde Menschen und es sterben circa drei Millionen Menschen auf der Welt durch verunreinigtes Wasser. Die Hauptursache für wasserbedingte Infektionen wird einer mangelhaften Sanitärhygiene zugeschrieben. Algen, Pilze, Protozoen und eine Vielzahl von Bakterienarten sowie Viren lassen sich im Wasser nachweisen. Auch wenn Trinkwasser recht keimarm ist, lassen sich je nach Aufbereitungsart Mikroorganismen finden. In diesen Mikroorganismen können sich Krankheitserreger befinden wie Amöbenuhr, E.coli, Salmonellen, Hepatitis A und

¹¹ Evers (2009): Wasser als Lebensmittel, S. 10 ff.

¹² Berliner Wasserbetriebe (2014): Analysedaten der Wasserwerke, S 1 ff.

E und viele mehr. Es gibt auch Krankheitserreger, die zunächst keine Gefahren darstellen, sich jedoch bei der Speicherung, und beim Transport im Verteilungssystem vermehren und somit gefährlich werden können. Unter anderem zählen dazu die Krankheitserreger Legionellen, Flavobakterien und Amöben.¹³

Das Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz - IfSG) ist am 1. Januar 2001 in Kraft getreten und erfüllt laut § 1 folgendem Zweck:

(1) Zweck des Gesetzes ist es, übertragbaren Krankheiten beim Menschen vorzubeugen, Infektionen frühzeitig zu erkennen und ihre Weiterverbreitung zu verhindern.¹⁴ [...]

Der § 37 Abschnitt 7 des IfSG befasst sich mit der Beschaffenheit von Wasser für den menschlichen Gebrauch. Die Beschaffenheit für den menschlichen Gebrauch muss so sein, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu befürchten ist.¹⁵

Verunreinigungen im Wasser können noch durch eine Vielzahl von anderen Faktoren zustande kommen. Eine Möglichkeit ist das Leitungssystem zum Transport von Trinkwasser. Dieses wird durch diverse Leitungen zum Endverbraucher transportiert und kann dabei beispielsweise durch Leitungen aus Stahl und Kupfer verunreinigt werden. Die TWV 2001 beinhaltet daher auch einen Abschnitt mit Bestimmungen für die Leitungsmaterialien sowie Richtlinien bezüglich der Verbundmöglichkeiten von Rohren (Schweißnähte oder Formstücke).¹⁶ Eine weitere Quelle der Verunreinigung ist der Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft. Dies kann zu einem erhöhten Nitratgehalt führen. Der Grenzwert für den Gehalt von Nitrat im Trinkwasser liegt laut TWV 2001 bei 50 mg Nitrat pro Liter. Bei einer Messung

¹³ Roeske (2006): Trinkwasserdesinfektion, S. 16.

¹⁴ Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (2015): Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen, S. 1 ff.

¹⁵ Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (2015): Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen, S. 28.

¹⁶ Imhof (2007), S. 26.

der Europäische Umweltagentur (EUA) wurde 2010 an 723 Messstellen des EUA-Grundwassermessnetzes festgestellt, dass bei 14 Prozent der Messstellen zum Teil deutlich mehr als 50 mg/l Nitrat im Grundwasser enthalten waren.

Dieses Grundwasser muss aufbereitet werden, damit es als Trinkwasser genutzt werden kann.¹⁷

2 Trinkwasseraufbereitung

Das Trinkwasser wird in Deutschland zu rund 70 Prozent aus dem Grund- und Quellwasser gewonnen und ist somit die wichtigste Wasserressource.¹⁸ Je nach Wasserqualität muss das Wasser, bevor es in das Trinkwassersystem eingespeist werden kann, durch verschiedene Verfahren bearbeitet und aufbereitet werden. Es gibt auch Quell- bzw. Grundwasservorkommen, die den Anforderungen der TWV 2001 entsprechen und keine Aufbereitung benötigen. Etwa die Hälfte des Wassers, welches in Deutschland gewonnen wird, muss nicht desinfiziert oder aufbereitet werden. Im Wesentlichen soll durch die Trinkwasseraufbereitung das Trinkwasser von Krankheitserregern und chemischen Stoffen, die die Gesundheit gefährden könnten, befreit werden. Des Weiteren soll Trinkwasser ästhetisch aussehen sowie geruchsneutral sein. Außerdem sollen durch die Trinkwasseraufbereitung Wechselwirkungen mit den Werkstoffen im Leitungsnetz verhindert werden (z. B. Ablagerungen). Zur Aufbereitung von Trinkwasser können verschiedenste physikalische, chemische und biologische Verfahren angewandt werden.¹⁹

Jede Trinkwasseraufbereitung ist unterschiedlich, folgt jedoch meist allgemeinen Schritten: Vorreinigung, Flockung, Filtration, Entsäuerung, Enthärtung und Desinfektion. Die Vorreinigung ist ein mechanisches Verfahren, bei dem mit Rechen und Sieben sowohl grobe als auch feine Pflanzenteile, Plankton und Sand entfernt werden.²⁰ Im Absetzbecken bzw. Sedimentationsbecken setzen

¹⁷ Umweltbundesamt (2015): Belastungen des Grundwassers.

¹⁸ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2013): Wasserwirtschaft in Deutschland Teil 1: Grundlagen, S. 46.

¹⁹ Freitag-Ziegler (2012): Wasser, S. 22.

²⁰ Freitag-Ziegler (2012): Wasser, S. 23.

sich Schweb- und Sinkstoffe durch die Schwerkrafteinwirkung ab²¹. Bei der Flockung sollen feine Substanzen, die durch die Vorreinigung nicht entfernt werden können, durch die Zugabe eines Flockungsmittels in größere "Flocken" umgewandelt werden. Diese

Zusammenballung von Teilchen wird als Agglomeration bezeichnet und führt dazu, dass die geänderten physikalischen Bedingungen zu einem schnelleren Sedimentieren führen und die Trennung erleichtert wird.²² Als Flockungsmittel werden Kalziumhydroxid, Eisen(II)- und Aluminiumsalze verwendet²³. Es folgt die Filtration indem die geflockten Stoffe entfernt werden. Die verwendeten Filter bestehen aus diversen Schichten z.B. Kies, Blähton und Quarzsand²⁴. Dieses mechanische Trennverfahren wird je nach Fließgeschwindigkeit unterschieden in Langsamfiltern (meist 0,1 bis 0,2 m/h) und Schnellfiltern (z. B. 15 m/h).²⁵ Im Anschluss wird das Wasser entsäuert um das Leitungsnetz vor Korrosion zu schützen sowie den vorgeschriebenen pH-Wert einzuhalten²⁶. Bei einigen Trinkwasseraufbereitungen wird das Wasser enthärtet. Dabei werden die gelösten Härtebildner Kalzium- und Magnesiumcarbonat durch Ausfällung entfernt, da diese die Leitungen zusetzen²⁷. Als letzten Schritt der Trinkwasseraufbereitung erfolgt die Desinfektion, da diese weitgehend trübstoff- und partikelfreies Wasser als Voraussetzung für eine sichere Desinfektion hat. Als Desinfektionsmittel können Chlor, Natriumhypochlorit, Calciumhypochlorit, Chlordioxid und Ozon eingesetzt werden. Die Auswahl des Desinfektionsmittels erfolgt auf Grundlage der Wasserinhaltsstoffe und die damit verbundenen Reaktionen mit dem Desinfektionsmittel. Des Weiteren entstehen Desinfektionsnebenprodukte die bei der Auswahl des Mittels beachtet werden müssen. In Abhängigkeit von dem Desinfektionsmittel ist auch die Desinfektionskapazität zu nennen. Diese wird auch als Depotwirkung bezeichnet und beschreibt die Dauer der desinfizierenden Wirkung nach Abschluss der Aufbereitung. Abhängig ist die Depotwirkung nicht nur vom

²¹ Wasserwerke Westfalen: Trinkwasseraufbereitung im Wasserwerk Haltingen.

²² Wasser Wissen: Flockung.

²³ Wasser Wissen: Flockungsmittel.

²⁴ Freitag-Ziegler (2012): Wasser, S. 23.

²⁵ Wasser Wissen: Filtration, Filtern.

²⁶ Freitag-Ziegler (2012): Wasser, S. 23.

²⁷ Wasser Wissen: Enthärtung.

Desinfektionsmittel und der Dosiermenge, sondern auch von der Qualität des Wassers und dem Restgehalt des Desinfektionsmittels bevor das Trinkwasser in das Rohrnetz eingespeist wird.²⁸

3. Qualität und Verbraucherschutz

An das Trinkwasser in Deutschland werden hohe qualitative Anforderungen und Maßstäbe gestellt. Die menschliche Gesundheit steht dabei an höchster Stelle. Die Qualitätsanforderungen sowie die Sicherheit in der deutschen Wasserwirtschaft sind laut dem Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW) an der weltweiten Spitze angesiedelt.²⁹ Als rechtliche Grundlagen gelten die in Punkt 1 erläuterte Trinkwasserverordnung (TWV) sowie die EUTrinkwasserrichtlinie als auch das in 1.2 aufgezeigte Infektionsschutzgesetz. Die TWV basiert auf dem Infektionsschutzgesetz, welches wiederum die EURichtlinien des Trinkwassers in nationales Recht umsetzt. Die DIN-Normen der Regelwerke des DVGW haben zwar keinen Rechtscharakter sind jedoch anerkannte Regeln der Technik.³⁰

3.1 DIN-Norm bzw. Regelwerk des DVGW

Die zentrale Aufgabe des DVGW ist die Erarbeitung und Herausgabe des DVGW-Regelwerkes. Diese veröffentlichten Regelungen sind anerkannt und stellen die Funktionsnormen als auch die Produktnormen der öffentlichen Versorgung für Gas und Wasser dar. Auf europäischer und internationaler Ebene wirkt der DVGW in den Bereichen des Europäische Komitees für Normung (CEN) und der Internationale Organisation für Normung (ISO) mit.

Die DIN 2000 beinhaltet technische Regeln für die allgemeine Wasserversorgung sowie Leitsätze für die zentrale Trinkwasserversorgung. In der DIN 2000 sind auch Regelungen für die Planung, den Bau und Betrieb von Anlagen in Bezug auf die Trinkwasserversorgung zu finden.³¹ Des Weiteren werden dort Eigenschaften des Trinkwassers definiert. Dieses soll frei von Krankheitserregern sein und die Gesundheit nicht negativ beeinflussen.

²⁸ Roeske (2006): Trinkwasserdesinfektion, S. 44 f.

²⁹ Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.: Wasser.

³⁰ Freitag-Ziegler (2012): Wasser, S. 26.

³¹ Wasser Wissen: DIN 2000.

Außerdem soll Trinkwasser nach der DIN 2000 keimarm, appetitlich, farb- und geruchlos sein. Der Anteil an gelösten Stoffen soll gering sein und Korrosion im Leitungsnetz soll vermieden werden. Die DIN 2000 empfiehlt das Trinkwasser mit ausreichend Druck zur Verfügung zu stellen.³² Des Weiteren ist Wasser, welches ohne Aufbereitung den Güteanforderungen entspricht, dem aufbereiteten Wasser vorzuziehen³³.

3.2 EU-Trinkwasserrichtlinien und EU- Mineralwasserrichtlinien

Die EU-Richtlinie 98/83/EG vom 3. November 1998 befasst sich mit der Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. Welche Bedeutung Trinkwasser für die Menschheit hat, wird in der Begründung in Punkt 6 deutlich:

(6) Angesichts der Bedeutung, die die Qualität des für den menschlichen Gebrauch bestimmten Wassers für die menschliche Gesundheit hat, sind auf Gemeinschaftsebene die wesentlichen Qualitätsstandards festzulegen, denen das für diesen Zweck bestimmte Wasser entsprechen muß[...]³⁴

Die EU-Richtlinie 98/83/EG gewährt den Mitgliedsstaaten zusätzliche und/oder strengere Parameter, welche nicht in den Anhängen IA und B, in denen die mikrobiologischen sowie chemischen Parameter festgehalten sind, in ihren Hoheitsgebieten einzuführen. Diese müssen jedoch der EU Kommission mitgeteilt werden.³⁵

Für die Qualitätsüberwachung sind von der EU Mindeststandards in der EURichtlinie 98/83/EG festgelegt. Vorgeschrieben werden regelmäßige Wasserprobe sowie die Überwachung von möglichen Desinfektionsverfahren. Diese Überwachungsprogramme müssen bestimmten Anforderungen entsprechen, die im Anhang II der Richtlinie 98/83/EG erläutert sind.³⁶

³² Wasser Wissen: Trinkwasser.

³³ Freitag-Ziegler (2012): Wasser, S. 26.

³⁴ EU-Richtlinie: Trinkwasser, S. 1.

³⁵ EU-Richtlinie: Trinkwasser, S. 2.

³⁶ EU-Richtlinie: Trinkwasser, S. 5.

Die EU-Richtlinie 2009/54/EG vom 18. Juni 2009 befasst sich mit der Gewinnung von und dem Handel mit natürlichen Mineralwässern. Für den Handel innerhalb der EU ist es von Vorteil, wenn die Bezeichnungen auf den Behältnissen von Mineralwasser bzw. Quellwassern einheitlichen Standards entsprechen und außerdem eine einheitliche Etikettierung von allen Mitgliedsstaaten durchgeführt wird. Diese Richtlinie soll die Gesundheit des Verbrauchers schützen, eine Irreführung des Verbrauchers bekämpfen und den fairen Handel gewährleisten.³⁷.

In der EU-Richtlinie 2009/54/EG wird Trinkwasser von Mineralwasser wie folgt unterschieden:

Natürliches Mineralwasser unterscheidet sich von gewöhnlichem Trinkwasser deutlich durch:

- a) seine Eigenart, die durch seinen Gehalt an Mineralien, Spurenelementen oder sonstigen Bestandteilen und gegebenenfalls durch bestimmte Wirkungen gekennzeichnet ist,
- b) seine ursprüngliche Reinheit, wobei beide Merkmale aufgrund der unterirdischen Herkunft des Wassers, das vor jedem Verunreinigungsrisiko geschützt ist, unverändert erhalten sind.³⁸

3.3 Umweltaspekte

Der Schweizerische Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW) hat eine Studie in Auftrag gegeben, in der die Ökobilanz von Mineralwasser in Flaschen und Behältern und Trinkwasser aus dem Wasserhahn untersucht werden sollte. Die Umweltbelastungen von verschiedensten Varianten (z.B. mit oder ohne Kohlensäure, gekühlt oder ungekühlt etc.) wurden analysiert und verglichen. Die Untersuchungen haben ergeben, dass Leitungswasser aus dem Hahn im Vergleich zu ungekühltem Mineralwasser aus der Flasche weniger als ein Prozent der Umweltbelastungen von dem Mineralwasser aus der Flasche verursachen. Diese unterschiedlichen Ökobilanzen entstehen vorrangig durch den Transport der Mineralwasserflaschen bzw. Behälter. Aus ökologischer Sicht spricht die Untersuchung eine Handlungsempfehlung für Trinkwasser aus der

³⁷ EU-Richtlinie: Mineralwässer, S. 1.

³⁸ EU-Richtlinie: Mineralwässer, Anhang 1.

Wasserleitung aus. Allgemein beeinflusst das Trinkverhalten nur minimal die Umweltbelastung und kann auch positiv beeinflusst werden, wenn Mineralwasser aus einer PET-Flasche konsumiert wird, sowie wenn die Transportwege durch den Konsum von Mineralwasser aus der Region verringert werden.³⁹

4 Mineralwasser

4.1 Historischer Exkurs

Wasser hat neben dem Element Feuer eine wichtige Bedeutung in der Geschichte der Menschheit. Neben der Tatsache, dass es für jedes Lebewesen überlebenswichtig ist, ranken viele Mythen um heilige Quellen und Grotten. Die keltische Mythologie sprach den Gewässern heilende Kräfte zu in welchen Geister und Götter wohnten, die Botschafter zwischen dem Himmel und der Erde sein sollten. Somit ließ der römische Philosoph Seneca an jenen Quellen Altäre errichten und Opfer bringen. Tempel und Gotteshäuser wurden Pilgerstätte und Orte an denen Menschen Heilung erfuhren. Durch die Christianisierung Europas wurden die Bräuche und Pilgerfahrten verboten, dennoch wanderten viele weiterhin zu den sagenumwobenen Quellen, welches Wasser heilende Wirkung zu haben schien. Im Mittelalter entstanden so Heilungsstätten an Orten der verehrten Quellen.

Im 17. Jahrhundert empfahlen Ärzte regelmäßige Trinkkuren an Badeorten, welche an heilenden Quellen erbaut wurden. Ende des 18. und Anfang des 19. Jahrhunderts und mit der Technisierung erschienen die ersten naturwissenschaftlichen Bücher. Zunehmend wurden die fördernden Mineralstoffe und Spurenelemente der Wasser erkannt und in Flaschen abgefüllt und über weite Strecken zum Verbraucher transportiert. Am 1. Januar 1872 mit dem Erlass des Reichsstrafgesetzbuchs wurde festgelegt, dass verfälschte Getränke mit Haft- oder Geldstrafen geahndet werden. Dieses Gesetz war jedoch zu unwirksam woraufhin am 14. Mai 1879 weitere Vorschriften zum Schutz vor gesundheitsschädlichen, verdorbenen, nachgemachten oder verfälschten Erzeugnissen erlassen. Aufgrund von weiteren künstlich

³⁹ Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW: Vergleich der Umweltbelastungen von Hahnenwasser und Mineralwasser, S. 1 ff.

hergestellten Mineralwässern, beschloss der Verein der Kurorte- und Mineralwasserquelleninteressenten Deutschlands, Österreich-Ungarns und der Schweiz im Jahr 1905 durch die Frankfurter Abmachung sich genauer mit Mineralwässern zu befassen. Ende September 1911 wurden die getroffenen Abmachungen in den „Nauheimer Beschlüssen“ festgelegt. Von dort an mussten sich natürliche Mineralwässer von normalem Wasser unterscheiden und bestimmte Ansprüche, in Form von festgelegten Werten für Mineralien und Spurenelementen, erfüllen. Der Zusatz von Kohlensäure, sowie die Enteisierung und Entschwefelung als Behandlungsverfahren wurden zeitgleich anerkannt. Als „künstliche Mineralwasser“ galten nun Wasser, welche mit Mineralien und Salzen nachträglich angereichert wurden. Mit dem Lebensmittelgesetz über den Verkehr mit Lebensmitteln und

Bedarfsgegenständen vom 5. Juli 1927, wurden Gesetze für die Herstellung, Zubereitung, Zusammensetzung und Bezeichnung erlassen. Produkte, welche diesen Ansprüchen nicht entsprachen, wurden verboten vermarktet zu werden. Aufgrund dieser Handlung erließen Reichsminister 1934 die Verordnung der Tafelwasser, welche 1938 noch einmal ergänzt wurde. In jene vielen Genussgetränke, welche zur Erfrischung und durstlöschend gedacht waren. Bis 1980 wurden diese Gesetze immer wieder erweitert, indem noch genauer festgelegt wurde, wieviel Gramm pro Liter von bestimmten gelösten Salzen in den jeweiligen Getränken vorhanden sein und welchen Ursprung die Wässer haben dürfen.

In den Ergänzungen der Verordnung für Tafelwässer wurde 1980 beschlossen, dass Tafelwässer bestimmte mikrobiologische Anforderungen erfüllen müssen, wie diese auf der Packung gekennzeichnet werden sollten und das vermerkt werden muss, ob sie zur Weiterverarbeitung für Säuglingsnahrung geeignet sind.

In der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) unterlagen die Mineralwässer dem Gesetz über den Verkehr mit Lebensmitteln und Bedarfsgegenständen vom 30. November 1962 und liefen über den Standards der „Technischen Güte- und Lieferbedingungen (TGL)“.

Nach dem 2. Weltkrieg stieg der Verbrauch von Mineralwasser in Europa ständig an, wodurch am 4. Dezember 1965 vom Verband der Europäischen

Mineralbrunnen-Industrie (UNESM) sechs europäischen Ländern der Wirtschaftsgemeinschaft (Deutschland, Frankreich, Italien, Belgien, Niederlande und Luxemburg) ein Vorschlag zur genauen Definition von Mineralwasser, der Beschaffenheit, der Gewichtung von gelösten Salzen im Wasser, der Kennzeichnung und Verwendung vor. Da in Europa unterschiedliche Gesetze zur Mineralwasserherstellung existierten sollten mit den folgenden Vorschlägen europäische Richtlinien geschaffen werden. Am 2. April 1969 legte die Kommission ein eigenes Dokument für Richtlinien vor. Nach vielen Debatten, Ministerwechseln wurde das Dokument 1979 als Mineralwasserrichtlinie verabschiedet. Dennoch kam es zu Unstimmigkeiten zwischen Deutschland und Frankreich aufgrund unterschiedlicher Definitionen von natürlichem Mineralwasser, worauf erst am 15. Juli 1980 die endgültige MineralwasserRichtlinie verabschiedet werden konnte. Am 30. August 1980 wurde die Richtlinie des Rates 80/777/EWG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Gewinnung und den Handel von natürlichem Mineralwasser im Europäischen Amtsblatt veröffentlicht. Seit 1984 ist mit der Verordnung über natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser rechtlich festgelegt. Heute regelt diese Verordnung die genaue Definition, als auch die wichtigsten Vorschriften von der Quelle bis zur Flasche. Für Eilwässer gelten dagegen arzneimittelrechtliche Vorschriften. Ende 2003 wurden die Richtlinien bezüglich der Grenzwerte für bestimmte Bestandteile im Mineralwasser angepasst und geändert. Ebenso die Richtlinien für die Behandlungsverfahren mit ozonhaltiger Luft.⁴⁰

4.2 Natürliche Mineralwässer und ihre Einteilung

Natürliches Mineralwasser muss die Anforderungen der Mineral- und Tafelwasser-Verordnung erfüllen, um als solches zu gelten. Folgende Punkte müssen erfüllt sein:

1. Es hat seinen Ursprung in den unterirdischen, vor Verunreinigung geschützten Wasservorkommen und wird aus einer oder Mehreren natürlichen oder künstlicher erschlossenen Quellen gewonnen

⁴⁰ Vgl. Evers, 2009 , Seite 225-254

2. Es ist von ursprünglicher Reinheit und gekennzeichnet durch seinen Gehalt an Mineralien, Spurenelementen oder sonstigen Bestandteilen und gegeben falls durch bestimmte, insbesondere ernährungspsychologische Wirkungen
3. Seine Zusammensetzung, Temperatur und seine übrigen wesentlichen Merkmale bleiben im Rahmen natürlicher Schwankungen konstant; durch Schwankungen in der Schüttung werden sie nicht verändert. ⁴¹ (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucher)

Erfüllt ein Mineralwasser alle diese Voraussetzungen der MTVO gilt es als natürliches Mineralwasser und darf als solches verkauft werden. Ab dem 19. Jahrhundert konnten Mineralwasser mithilfe von technischen Geräten auf ihre Mineralstoffe und Spurenelemente hin bestimmt werden. Im Zuge dessen, wurde festgestellt, dass in natürlichen Mineralwässern die Ionen von Natrium, Calcium, Magnesium, Hydrogencarbonat, Chlorid und Sulfat vorhanden sind. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Zusammensetzungen werden Mineralwässer in folgende Wässer unterteilt:

Chloridwässer entstehen, wenn Tiefenwasser durch unterirdische Steinsalzvorkommen fließt, sowie bei der Durchwanderung von Sole. Sie schmecken bei einem ebenso erhöhten Natriumgehalt salzig. Die Untergruppen lauten wie folgt:

- Natrium-Chlorid-Wässer
- Calcium-Chlorid-Wässer
- Magnesium-Chlorid-Wässer

Sulfathaltige Wässer entstehen dann, wenn Wasser durch Gips-, Anhydrit oder sulfidischen Anlagerungen im Erdreich fließt. Wässer dieser Gruppe schmecken je nach Sulfatkonzentration süßlich bis leicht bitter. Zu den sulfathaltigen Wässern gehören:

- Natrium-Sulfat-Wässer
- Calcium-Sulfat-Wässer
- Magnesium-Sulfat-Wässer
- Eisen-Sulfat-Wässer

⁴¹ Vgl. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucher, Zugriff 08.02.16

Hydrogenkarbonat-Wässer reichern sich mit namensgleichen Ionen an, da sie beim durchfließen der Gesteinsschichten sehr kalk- und dolomitenhaltige Gesteine bilden. Das hat zur Folge, dass sie meist mehr Kohlesäure enthalten, wodurch sie einen sauren Geschmack erhalten. Zu den Untergruppen gehören folgende Wässer:

- Natrium-Hydrogencarbonat-Wässer
- Calcium-Hydrogencarbonat-Wässer
- Magnesium-Hydrogencarbonat-Wässer

Säuerlinge werden die Wässer bezeichnet, welche Schiefergesteine durchfließen und nur wenig Mineralstoffe oder Spurenelemente enthalten. Andererseits enthalten sie oft mehr als 250 mg/l an Kohlenstoffdioxid.

Darüber hinaus gibt es noch weitere Mineralien und Spurenelemente, welche in natürlichen Mineralwässern gefunden werden können. Die oben genannten Hauptbestandteile müssen zu 20% im Mineralwasser vorhanden sein, dennoch können sich Spuren von Eisen, Jod, oder Schwefel darin befinden. Je nachdem an welchem Standort sich die Quelle befindet, enthält das Wasser Nebenbestandteile wie Kalium, Ammonium, Mangan, Arsen, Lithium, Barium, Strontium, Fluor, Brom, Bor und Kieselsäure oder radioaktive Stoffe wie Uran und Radium. Jene dürfen Richtwerte, welche in der MTVO festgelegt sind nicht überschreiten. Die Mineralstoffe und die Kohlensäure verleihen dem natürlichen Mineralwasser seine eigenen Geschmacksnuancen, welche salzig, süß, bitter oder metallisch sein können. Darüber hinaus haben die Wässer eine ernährungsphysiologische Bedeutung für den menschlichen Körper, da sie Mineralien und Spurenelemente enthalten, welche für biologische Prozesse benötigt werden, aber vom Körper selbst nicht hergestellt werden können.⁴²

4.3 Kennzeichnung auf Etiketten

Die auf den Etiketten vermerkten Eckdaten jedes Mineralwassers sind in der Mineral- und Tafelwasser-Verordnung (MTVO) und der

⁴² Vgl Evers, 2009, S. 228-229

Lebensmittelkennzeichnungsverordnung geregelt. Sie müssen leicht lesbar, sowie deutlich sichtbar sein und lauten wie folgt:

Verkehrsbezeichnung:

- Natürliches kohlenstoffhaltiges Mineralwasser
- Natürliches Mineralwasser mit eigener Quellsäure versetzt
- Natürliches Mineralwasser mit Kohlenstoff versetzt
- Zusätzlich sind weitere Bezeichnungen erlaubt: Sauerling, Sprudel und Sauerbrunnen

Des Weiteren müssen der Ort der Quellschüttung und der Name der Quelle mit Firmenname und Anschrift vermerkt sein. Zusätzlich der genannten Kennzeichnungen wird auf allen Etiketten noch die analytische Zusammensetzung jedes Wasser in Tabellenform aufgelistet. Hierbei werden die verschiedenen Bestandteile (Mineralien) in positiv geladene Teilchen (Kationen) und negativ geladenen Teilchen (Anionen) unterteilt. Dabei werden nur die wichtigsten Mineralstoffe mit ihren Mengen pro Liter oder 100 Milliliter aufgelistet. Zu den Kationen gehören die Mineralien Natrium, Calcium, Magnesium und Kalium, wohingegen Chlorid, Sulfat und Hydrogencarbonat zu den Anionen gezählt werden. In unterschiedlichen Zeitabständen werden alle Mineralwässer von unabhängigen Instituten geprüft. Ist dies der Fall, dann dürfen die angegebenen Werte nicht zu stark von den getesteten Werten abweichen. In der Folge müsste nach den Ursachen für die zu stark abweichenden Werte geforscht oder eine neue Analyse gemacht werden. Freiwillig können Hersteller das Datum der letzten Analyse auf dem Etikett angeben. Liegen die Angaben schon länger zurück, so zeigen diese die beständige Zusammensetzung des Wassers. Ebenfalls können auch die Silben „durch laufenden Kontrollen bestätigt“ oder bestätigt durch Analyse von...“ auf den Etiketten zu finden sein.

An den Mineralwässern durchgeführte Behandlungsverfahren wie z.B. die Enteisierung oder Entschwefelung sind freiwillige Angaben. Jedoch muss das jeweilig durchgeführte Verfahren mit den Worten „Dieses Wasser ist mit einem zugelassenen Oxidationsverfahren mit ozonangereicherter Luft unterzogen worden“ gekennzeichnet sein. Befindet sich mehr als 1,5 mg/l Fluorid im

Mineralwasser, so muss der entsprechende Gehalt auf dem Etikett angegeben werden mit dem Warnhinweis „Enthält mehr als 1,5 mg/l Fluorid: Für Säuglinge und Kinder unter 7 Jahren nicht zum regelmäßigen Verzehr geeignet“. Wasser mit einem höheren Wert als 5 mg/l sind seit Januar 2008 nicht mehr erlaubt, da bei einem vermehrten einnehmen von zu viel Fluorid Erkrankungen, wie Arthritis, Diabetes, der Schilddrüse, der Knochen und Nieren auftreten können. Die Angaben des Mindesthaltbarkeitsdatums beträgt bei PET-Flaschen ein Jahr und in Glasflaschen bis zu drei Jahren. Diese Angaben sind Pflicht, so wie die Angabe der Füllmenge, welche in Litern gekennzeichnet werden muss. In den meisten Fällen, findet sich in Wort, der Gehalt von Kohlensäure in den jeweiligen Mineralwässern, ebenso wie als analytischer Wert in der Zusammensetzung wieder. Jener Wert wird von still über medium bis classic benannt.

Die aufgezählten zusätzlichen oder verpflichtenden Angaben auf den Etiketten sind in Deutschland auf den meisten Mineralwässern zu finden. Firmen steht es frei noch weitere Angaben zu tätigen. Diese erleichtern den Verbrauchern die Auswahl ihrer Getränke.

Besondere Angaben sind auf dem Etikett, wie folgt zu kennzeichnen:

Tab. 2

| Angabe auf dem Etikett | Anforderungen |
|--|---|
| mit sehr geringem Gehalt an Mineralstoffen | insgesamt höchstens mg/l |
| mit geringem Gehalt an Mineralstoffen | insgesamt höchstens 500 mg/l |
| Mit hohem Gehalt an Mineralstoffen | insgesamt mehr als 1.500 mg/l |
| bicarbonathaltig | Hydrogencarbonat mehr als 600 mg/l |
| sulfathaltig | Sulfatgehalt mehr als 200 mg/l |
| chloridhaltig | Chloridgehalt mehr als 200 mg/l |
| calciumhaltig | Calciumgehalt mehr als 150 mg/l |
| magnesiumhaltig | Magnesiumgehalt mehr als 50 mg/l |
| fluoridhaltig | Fluoridgehalt mehr als 1 mg/l |
| eisenhaltig | Gehalt zweiwertigem Eisen mehr als 1 mg/l |
| natriumhaltig | Natriumgehalt mehr als 200 mg/l |
| geeignet für natriumarme Ernährung | Natriumgehalt weniger als 20 mg/l |

Diese Kennzeichnung ist für Konsumenten mit gesundheitlichen Beschwerden, bestimmten Ernährungsformen oder Kleinkindern von Bedeutung und wird aufgrund dessen auf vielen Mineralwässern vermerkt.⁴³

5 Chemische Zusammensetzung von Mineralwasser

5.1 Eigenschaften der Mineralien und Spurenelemente in Mineralwasser

Mineralwasser enthält Mineralien, die manchmal auch künstlich hinzugefügt werden. Wenn man sich eine Mineralwasserflasche genauer ansieht, kann man auf dem Etikett lesen, welche und wie viele Mineralien enthalten sind. Im Folgenden sind Informationen von *Krüger, Dettmer* und *Grohmann und weitere* zu den Mineralien und Spurenelementen aufgelistet, die am häufigsten in Mineralwasser vorkommen. Die Angaben beziehen sich auf einen ausgewachsenen Erwachsenen. Bei Kindern und Säuglingen können die genannten Bedarfswerte abweichen.

Calciumcarbonat (Ca²⁺)

Täglicher Bedarf: „ca.0,8-1g“⁴⁴

Aufgaben: „Aufbau und Erhaltung von Knochen und Zähnen; Stabilisierung von Zellmembranen; Reizübertragung im Nervensystem; erforderlich für die Blutgerinnung; Aktivierung von Enzymen“⁴⁵

Quellen: Mineralwasser - durch Durchfließen von mineralhaltigen Böden und Gesteinen⁴⁶, Milchprodukte („1l Milch enthält ca. 1g Ca²⁺“⁴⁷), Getreide und Nüsse

Magnesiumcarbonat (Mg²⁺)

⁴³ Vgl Aid Infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e.V., Dipl.-Oecotroph Gabriela Freitag-Ziegler, Bonn 2015, S. 48/51-53

⁴⁴ Dettmer, U.: mediscript Kurzlehrbuch Biochemie 1.Auflage mit Abbildungen und Tabellen; 2013 (Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag, München), S.326-327

⁴⁵ Krüger, M.: Mineralwasser. Gesundheit aus der Flasche? Verbraucherzentrale 4. Auflage 1994 aktualisiert (Olbrysch-Druck, Erkrath), S. 26-27

⁴⁶ Grohmann, Grohmann Jekel, Szewzyk, Szewzyk: Wasser Chemie, Mikrobiologie und nachhaltige Nutzung; 2011(Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, Berlin), S. 154

⁴⁷ Dettmer, U.: mediscript Biochemie, S.326-327

Täglicher Bedarf: „ca. 0,3g“⁴⁸

Aufgaben: „Beteiligt am Aufbau vieler Enzymsysteme; erforderlich für die normale Erregbarkeit von Nerven und Muskeln; Aufbau von Knochen und Zähnen“⁴⁹

Quellen: Mineralwasser - durch durchfließen von mineralhaltigen Böden und Gesteinen⁵⁰, „pflanzliche Nahrungsmittel, vor allem grünes Gemüse und Getreideprodukte; Milch, Käse, Fisch.“⁵¹

Kalium (K⁺)

Täglicher Bedarf: „ca. 3 g“⁵²

Aufgaben: „Aufrechterhaltung und Regulierung des osmotischen Drucks in der Zelle; Aktivierung von Enzymen; Erregbarkeit der Nerven und Muskeln; Regulierung des Wasserhaushaltes (Kalium sorgt für die Wasserausscheidung)“⁵³

Quellen: Mineralwasser - durch Ablösen von Gesteinen⁵⁴, „Obst, Gemüse, Kartoffeln“⁵⁵

Natrium (Na⁺)

Täglicher Bedarf: „ca. 5g NaCl“⁵⁶

Aufgaben: „Zusammen mit Kalium und Chlor beteiligt an der Regulierung des osmotischen Drucks der Körperflüssigkeiten, Regulierung des

⁴⁸ Dettmer, U.: mediscript Biochemie, S. 326

⁴⁹ Krüger, M.: Mineralwasser, S. 24

⁵⁰ Grohmann u. weitere: Wasser, S. 154

⁵¹ Krüger, M.: Mineralwasser, S. 25

⁵² Dettmer, U.: mediscript Biochemie, S. 324

⁵³ Krüger, M.: Mineralwasser, S. 24

⁵⁴ Grohmann u. weitere: Wasser, S. 156

⁵⁵ Krüger, M.: Mineralwasser, S. 25

⁵⁶ Dettmer, U.: mediscript Biochemie, S. 323

Wasserhaushaltes (Na hält Wasser im Körper zurück); Einwirkung auf die normale Erregbarkeit von Muskeln und Zellen⁵⁷

Quellen: Mineralwasser - durch Ablösen von Gesteinen, Meeres aerosolen oder Lösen von Salzlagern⁵⁸, „Zusammen mit Chlor als Kochsalz in fast allen Lebensmitteln (vor allem Wurst, Brot, Käse), Kochsalz als Würzmittel“⁵⁹

Chlorid (Cl⁻)

Täglicher Bedarf: „ca. 5g NaCl“⁶⁰

Aufgaben: „ Beteiligt an der Bildung der Magensäure; Regulierung des osmotischen Drucks der Körperflüssigkeiten zusammen mit Natrium“⁶¹

Quellen: Mineralwasser - durch Durchfließen von mineralhaltigen Böden und Gesteinen⁶³, „Kochsalz, kochsalzhaltige Lebensmittel“⁶⁴

Eisen (Fe²⁺³⁺)

Täglicher Bedarf: „ca. 10 mg“⁶⁴

Aufgaben: „ Als Bestandteil des roten Blutfarbstoffs am Sauerstofftransport beteiligt; beteiligt am Aufbau von Enzymen“⁶⁵

Quellen: Mineralwasser - durch „Reduktion oxidischer Mineralien in O₂-freien Grundwassern“⁶⁶, „Getreide-Vollkornprodukte, grüne Blattgemüse, Nüsse, Fleisch und Fleischwaren“⁶⁷

⁵⁷ Krüger, M.: Mineralwasser, S. 24

⁵⁸ Grohmann u. weitere: Wasser, S. 156

⁵⁹ Krüger, M.: Mineralwasser, S. 25

⁶⁰ Dettmer, U.: mediscript Biochemie, S. 325

⁶¹ Krüger, M.: Mineralwasser, S. 26

⁶² Grohmann u. weitere: Wasser, S. 154

⁶³ Krüger, M.: Mineralwasser, S. 25

⁶⁴ Dettmer, U.: mediscript Biochemie, S. 328

⁶⁵ Krüger, M.: Mineralwasser, S. 26

⁶⁶ Grohmann u. weitere: Wasser, S. 156

⁶⁷ Krüger, M.: Mineralwasser, S. 27

Mineralwasser haben unterschiedliche Zusammensetzungen von Mineralstoffen und Spurenelementen. Nach *Krüger* kann pauschal nicht gesagt werden, welches Wasser am besten ist, jedoch können Empfehlungen für Personengruppen angegeben werden. Beispielsweise sollte man auf ein Mineralwasser mit zwei bis fünf Gramm Mineralien pro Liter zurückgreifen, wenn man beim Sport oder an heißen Tagen viel geschwitzt hat, da der Körper durch das Schwitzen Mineralien und Flüssigkeit verloren hat. Somit füllt man nicht nur seine Flüssigkeitsreserven auf, sondern auch die Mineralstoffe und Spurenelemente. Wer Mineralwasser hauptsächlich zum Durstlöschen dauerkonsumieren will, der sollte aus gesundheitlichen Gründen darauf achten, dass der Gehalt von Mangan nicht 1 Milligramm pro Liter überschreitet. Für die Zubereitung von Säuglingsnahrung sollte auf einen geringen Nitratgehalt geachtet werden. Bei einem zu hohen Gehalt an Nitrat können Säuglinge nämlich an Blausucht erkranken. Nach dem Bundesgesundheitsamt ist ein Wasser mit 0-5mg Nitrat pro Liter als ein sehr gutes Wasser klassifiziert. Wenn Säuglinge eine Störung des Magen-Darm-Bereiches haben, sollte das für sie verwendete Wasser nicht mehr als 10 mg Nitrat/Liter enthalten. Auch wenn auf der Mineralwasserflasche nicht angegeben ist, wie viel Nitrat pro Liter enthalten sind, heißt dies nicht, dass kein Nitrat enthalten ist. Wenn jedoch darauf verwiesen wird, dass dieses Wasser für die Säuglingsnahrung geeignet ist, dann kann damit gerechnet werden, dass nicht mehr als 10 mg Nitrat pro Liter und nicht mehr als 0,02 mg Nitrit pro Liter enthalten sind. Zudem ist mit diesem Hinweis auch versichert, dass maximal 20 mg Natrium pro Liter, 240 mg Sulfat und 1,5 mg Fluorid pro Liter gelöst sind. Ein bestimmter Grenzwert an Keimen darf ebenso nicht überschritten sein. Der niedrige Natriumgehalt ist wichtig, weil Säuglinge auf Natriumchlorid stärker reagieren als Erwachsene. Menschen mit zu hohem Blutdruck ist ein Mineralwasser mit einem hohen Kaliumgehalt zu empfehlen. Außerdem sollte auf einen niedrigen Natrium- und Chloridgehalt im Mineralwasser geachtet werden. Dabei sollte der Natriumgehalt 200 mg pro Liter und der Chloridgehalt 300 mg pro Liter nicht überschreiten. Generell weisen kohlenensäurehaltige Mineralwässer weniger Keime auf als Mineralwasser ohne

Kohlensäure, da durch Kohlensäure die Keime gehemmt werden.⁶⁸ Stiftung Warentest hat viele Mineralwässer getestet und kam im Jahr 2014 zum Ergebnis, dass viele preiswerte Wasser wie die von Aldi, Penny oder Lidl rein sind, die teuren Produkte jedoch mehr Mineralstoffe pro Liter enthalten.⁶⁹

5.2 Kohlenstoffdioxid im Wasser

Oft gibt es Mineralwasser, das mit Kohlenstoffdioxid versetzt ist und als Sprudel im Wasser bezeichnet wird. Was steckt da hinter?

Kohlenstoffdioxid (CO₂) ist ein Gas, das geruchs- und farblos ist. CO₂ ist ein natürlicher Luftbestandteil und wird beispielsweise mit der Ausatemluft ausgestoßen und bei der Photosynthese von Pflanzen in Glucose umgewandelt.⁷¹

Die Löslichkeit von Gasen in Wasser kann man mit dem Henry-Dalton-Gesetz berechnen.⁷⁰ Dieses Gesetz sagt laut *K.B.* aus, dass bei niedrigen Temperaturen mehr Kohlenstoffdioxid im Wasser gelöst werden kann als bei hohen. Jedoch kann bei hohem Druck mehr CO₂ gelöst werden als bei niedrigen Druck.⁷¹

„Henry-Dalton-Gesetz: $C_{i,w} = K_{H,i} \cdot p_i$

($c_{i,w}$: Konzentration von Stoff *i* im Wasser in mol/L; p_i : Partialdruck von *i* im Gas; $K_{H,i}$: Henry-Konstante von *i* in mol/L*bar)⁷⁴

Nach *K.B.* ist Sprudel in Mineralwasser Kohlenstoffdioxid, das unter hohem Druck in die Flasche gepresst und zu 0,2% mit dem Wasser zu Kohlensäure reagiert. Der Rest ist freies Kohlenstoffdioxid, das nach dem Öffnen der Flasche entweichen kann. Durch ein Zischen beim Öffnen und Gasperlen im Mineralwasser macht sich das Kohlenstoffdioxid bemerkbar.

Kohlenstoffdioxid und Wasser bilden die Kohlensäure. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ ⁷⁵

⁶⁸ Krüger, M.: Mineralwasser, S. 36-44

⁶⁹ http://www.focus.de/gesundheit/ernaehrung/gesundessen/stiftung-warentest-prueft-mineralwasserjedes-dritte-mineralwasser-verunreinigt_id_4012740.html, 2014 (Zugriff am 27.1.2016)⁷¹ Lexikon der Biologie Kohlendioxid; 1999 (Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg)

⁷⁰ Grohmann u. weitere: Wasser S. 155

⁷¹ *K.B.*: Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser; 2007 (Westfälische Wilhelms-Universität Münster) S.2 (<http://www.unimuens->

Jedoch kann Mineralwasser auch schon von der Quelle aus Kohlenstoffdioxid enthalten. Dieses Kohlenstoffdioxid zählt laut *Grohmann u. weitere* zu den Huminstoffen und ist ein organischer Bestandteil des Bodens.⁷⁶

Nach *Krüger* differenziert man verschiedene Arten, wie das Kohlenstoffdioxid in das Mineralwasser gelangt, wie folgt:

Natürliches kohlenensäurehaltiges Mineralwasser: Das Wasser hat nach dem Abfüllen genauso viel Kohlenstoffdioxid, wie am Quellaustritt.

Natürliches Mineralwasser mit eigener Quellenkohlenensäure versetzt: Das Wasser wurde außerdem mit Kohlenstoffdioxid aus der eigenen Quelle versetzt.

Natürliches Mineralwasser mit Kohlenensäure versetzt: Das Kohlenstoffdioxid, welches hinzugefügt wurde, stammt aus einer anderen Quelle als das Mineralwasser.

Sauerling oder Sauerbrunnen: Der natürliche Kohlenstoffoxidgehalt ist höher als 250 mg/Liter.

Sprudel: Es wurde zusätzlich Kohlenstoffdioxid beim Abfüllen zugefügt.

ter.de/imperia/md/content/didaktik_der_chemie/kernpraktikumfriese/loeslichkeit_von_gasem_in_wasser_kohlenstoffdioxid_.pdf (Zugriff am 16.1.2016))

⁷⁴Grohmann u. weitere: Wasser, S. 155

⁷⁵ K.B.: Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser, S.3

⁷⁶ Grohmann u. andere: Wasser, S. 154

Kohlensäure ganz/teilweise entzogen: Es sind nur 2-4 Gramm/Liter Kohlenstoffdioxid im Wasser statt 7-8 Gramm/Liter.⁷²

Die alternative zu kohlenensäurehaltigem Mineralwasser ist das Aufbereiten von normalem Leitungswasser. Um das Leitungswasser mit Sprudel zu trinken, kann man einen handelsüblichen Trinkwassersprudler benutzen. Hierzu benötigt man außerdem eine CO₂-Katusche, eine für den Trinkwassersprudler geeignete Flasche und natürlich Leitungswasser. Das Leitungswasser füllt man in die

⁷² Krüger, M.: Mineralwasser, S. 13

Flasche bis zu einer bestimmten Markierung und schraubt anschließend die Flasche in das Gerät ein. Wenn man nun auf den Knopf drückt, öffnet sich das Ventil der Gasflasche und das Gas gelangt durch eine Düse in das Leitungswasser. Durch Kippen der Schraubvorrichtung entweicht überschüssiges Gas und aus dem Trinkwassersprudler und die Flasche kann entnommen werden.⁷³ Wer keinen Wert auf Mineralwasser legt und nur gesprudelttes Leitungswasser trinken möchte, der spart erheblich mit der Anschaffung eines Trinkwassersprudler.⁷⁴ Gesundheitlich gibt es keinen Grund, Mineralwasser dem Leitungswasser vorzuziehen, es sei denn, es sind Verunreinigungen des Leitungswassers vorhanden. Die Mineralstoffe und Spurenelemente, die in einem Mineralwasser zu finden sind, können genauso über eine gesunde Ernährung aufgenommen werden.⁷⁵

5.2 Kohlenstoffdioxid im Wasser

Oft gibt es Mineralwasser, das mit Kohlenstoffdioxid versetzt ist und als Sprudel im Wasser bezeichnet wird. Was steckt da hinter?

Kohlenstoffdioxid (CO₂) ist ein Gas, das geruchs- und farblos ist. CO₂ ist ein natürlicher Luftbestandteil und wird beispielsweise mit der Ausatemluft ausgestoßen und bei der Photosynthese von Pflanzen in Glucose umgewandelt.⁷⁶

Die Löslichkeit von Gasen in Wasser kann man mit dem Henry-Dalton-Gesetz berechnen.⁷⁷ Dieses Gesetz sagt laut *K.B.* aus, dass bei niedrigen Temperaturen mehr Kohlenstoffdioxid im Wasser gelöst werden kann als bei hohen. Jedoch kann bei hohem Druck mehr CO₂ gelöst werden als bei niedrigen Druck.⁷⁸

„Henry-Dalton-Gesetz: $C_{i,w} = K_{H,i} \cdot p_i$

⁷³ <http://trink-wassersprudler.de> (Zugriff am 26.1.2016)

⁷⁴ <https://www.test.de/Trinkwassersprudler-Gut-geblubbert-1039696-2039696/>, 2016 (Zugriff am 26.1.2016)

⁷⁵ Krüger, M.: Mineralwasser, S. 34

⁷⁶ Lexikon der Biologie Kohlendioxid; 1999 (Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg)

⁷⁷ Grohmann u. weitere: Wasser S. 155

⁷⁸ K.B.: Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser; 2007 (Westfälische Wilhelms-Universität Münster) S.2

(http://www.unimuenster.de/imperia/md/content/didaktik_der_chemie/kernpraktikumfriese/loeslichkeit_von_gas_in_wasser_kohlenstoffdioxid_.pdf (Zugriff am 16.1.2016))

($c_{i,w}$: Konzentration von Stoff i im Wasser in mol/L; p_i : Partialdruck von i im Gas; $K_{H,i}$: Henry-Konstante von i in mol/L *bar)⁷⁹

Nach *K.B.* ist Sprudel in Mineralwasser Kohlenstoffdioxid, das unter hohem Druck in die Flasche gepresst und zu 0,2% mit dem Wasser zu Kohlensäure reagiert. Der Rest ist freies Kohlenstoffdioxid, das nach dem Öffnen der Flasche entweichen kann. Durch ein Zischen beim Öffnen und Gasperlen im Mineralwasser macht sich das Kohlenstoffdioxid bemerkbar.

Kohlenstoffdioxid und Wasser bilden die Kohlensäure. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ ⁸⁰

Jedoch kann Mineralwasser auch schon von der Quelle aus Kohlenstoffdioxid enthalten. Dieses Kohlenstoffdioxid zählt laut *Grohmann u. weitere* zu den Huminstoffen und ist ein organischer Bestandteil des Bodens.⁸¹

Nach *Krüger* differenziert man verschiedene Arten, wie das Kohlenstoffdioxid in das Mineralwasser gelangt, wie folgt:

Natürliches kohlenensäurehaltiges Mineralwasser: Das Wasser hat nach dem Abfüllen genauso viel Kohlenstoffdioxid, wie am Quellaustritt.

Natürliches Mineralwasser mit eigener Quellenkohlenensäure versetzt: Das Wasser wurde außerdem mit Kohlenstoffdioxid aus der eigenen Quelle versetzt.

Natürliches Mineralwasser mit Kohlensäure versetzt: Das Kohlenstoffdioxid, welches hinzugefügt wurde, stammt aus einer anderen Quelle als das Mineralwasser.

Sauerling oder Sauerbrunnen: Der natürliche Kohlenstoffdioxidgehalt ist höher als 250 mg/Liter.

Sprudel: Es wurde zusätzlich Kohlenstoffdioxid beim Abfüllen zugefügt.

⁷⁹ Grohmann u. weitere: Wasser, S. 155

⁸⁰ K.B.: Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser, S.3

⁸¹ Grohmann u. andere: Wasser, S. 154

Kohlensäure ganz/teilweise entzogen: Es sind nur 2-4 Gramm/Liter Kohlenstoffdioxid im Wasser statt 7-8 Gramm/Liter.⁸²

Die alternative zu kohlenensäurehaltigem Mineralwasser ist das Aufbereiten von normalem Leitungswasser. Um das Leitungswasser mit Sprudel zu trinken, kann man einen handelsüblichen Trinkwassersprudler benutzen. Hierzu benötigt man außerdem eine CO₂-Katusche, eine für den Trinkwassersprudler geeignete Flasche und natürlich Leitungswasser. Das Leitungswasser füllt man in die Flasche bis zu einer bestimmten Markierung und schraubt anschließend die Flasche in das Gerät ein. Wenn man nun auf den Knopf drückt, öffnet sich das Ventil der Gasflasche und das Gas gelangt durch eine Düse in das Leitungswasser. Durch Kippen der Schraubvorrichtung entweicht überschüssiges Gas und aus dem Trinkwassersprudler und die Flasche kann entnommen werden.⁸³ Wer keinen Wert auf Mineralwasser legt und nur gesprudelttes Leitungswasser trinken möchte, der spart erheblich mit der Anschaffung eines Trinkwassersprudlers.⁸⁴ Gesundheitlich gibt es keinen Grund, Mineralwasser dem Leitungswasser vorzuziehen, es sei denn, es sind Verunreinigungen des Leitungswassers vorhanden. Die Mineralstoffe und Spurenelemente, die in einem Mineralwasser zu finden sind, können genauso über eine gesunde Ernährung aufgenommen werden.⁸⁵

5.3 Absorptionsfähigkeiten

Das Mineralwasser muss viele Mineralstoffe absorbieren. Bei welchen Bedingungen wie viel Wasser einen Mineralstoff aufnehmen kann, ist nachfolgend aufgelistet.

Calciumcarbonat, eine Verbindung zwischen Kohlenstoff und Calcium, kann bei 20°C maximal bis zu 14 Milligramm pro Liter in Wasser gelöst werden. Bei Anwesenheit von Kohlenstoffdioxid kann die Aufnahmefähigkeit von Calcium in Wasser um das Fünffache steigen.⁸⁶

⁸² Krüger, M.: Mineralwasser, S. 13

⁸³ <http://trink-wassersprudler.de> (Zugriff am 26.1.2016)

⁸⁴ <https://www.test.de/Trinkwassersprudler-Gut-geblubbert-1039696-2039696/>, 2016 (Zugriff am 26.1.2016)

⁸⁵ Krüger, M.: Mineralwasser, S. 34

⁸⁶ <http://www.lenntech.de/pse/wasser/calcium/calcium-und-wasser.htm> (Zugriff am 23.01.16)

Magnesiumcarbonat ist eine Verbindung aus Magnesium und Kohlenstoff, die im Wasser bis zu 600 Milligramm pro Liter gelöst werden kann.⁸⁷

Kalium ist als solches in Wasser unlöslich. Jedoch kann Kalium im Wasser mit anderen Stoffen zu Kaliumiodid reagieren, welches wasserlöslich ist. Kaliumiodid kann bis zu 1480 Gramm pro Liter in Wasser gelöst werden.⁸⁸

Natrium kann als Verbindung mit Chlorid in Wasser gelöst werden. Die Löslichkeit liegt bei 359 Gramm pro Liter.⁸⁹

Chlorid ist in Mineralwasser meistens in Form von Natriumchlorid, also Kochsalz, vorhanden. Dieses ist bis zu 359 Gramm pro Liter löslich.⁹⁰

Eisen an sich ist nicht wasserlöslich, jedoch kann Eisen als Eisencarbonat in Wasser bis zu 60 Milligramm pro Liter gelöst werden.⁹¹

6. Ausgewählte Beispiele von Fertigungsprozessen

6.1 Enteisung

Mineralwasser wird aus unterirdischen Wasservorkommen gewonnen, welches vor Verunreinigungen und Krankheitserregern geschützt sein muss. Natürliches Mineralwasser ist daher das einzige Lebensmittel das amtlich anerkannt werden muss. Es weist zudem einen hohen Gehalt an Mineralien und Spurenelementen auf, denen physiologische Wirkungen zugesprochen werden.

Da Mineralwasser den strengen Bestimmungen der Mineral- und Tafelwasserverordnung unterliegt, dürfen nur ausgewählte Verarbeitungsverfahren angewendet werden.⁹² Bereits sechs Wochen vor dem Bearbeiten des Wassers, muss die für die Lebensmittelüberwachung zuständige Behörde informiert werden.⁹³ Sämtliche Prozesse, die den Keimgehalt des

⁸⁷ <http://www.lenntech.de/pse/wasser/magnesium/magnesium-und-wasser.htm> (Zugriff am 23.01.16)

⁸⁸ <http://www.lenntech.de/pse/wasser/kalium/kalium-und-wasser.htm> (Zugriff am 23.01.16)

⁸⁹ <http://www.lenntech.de/pse/wasser/natrium/natrium-und-wasser.htm> (Zugriff am 23.01.16)

⁹⁰ <http://www.lenntech.de/pse/wasser/natrium/natrium-und-wasser.htm> (Zugriff am 23.01.16)

⁹¹ <http://www.lenntech.de/pse/wasser/eisen/eisen-und-wasser.htm> (Zugriff am 23.01.16)

⁹² Vgl. Verordnung über natürliches Mineralwasser, Quell und Tafelwasser. (01.08.1984). Letzte Änderung (22.10.2014)

⁹³ K.W. Evers. (2009): Wasser als Lebensmittel. 1. Aufl., Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH & Co. KG.

Wassers reduzieren sollen, sind nicht zulässig. Aus diesem Grund ist das Abtrennen von unbeständigen Inhaltsstoffen, die geologisch bedingt im natürlichen Mineralwasser enthalten sind, erlaubt. Zu ihnen zählen Eisen- und Schwefelverbindungen. Zwar sind Fe- und Mn-Verbindungen nicht gesundheitsgefährdend, sorgen aber oftmals für eine bräunlich-schwarze Färbung des Wassers. Aus diesem Grund liegt der maximal zugelassene Wert für Eisen bei 0,2mg/l und Mangan bei 0,05mg/l.

Die Mineralwasserverordnung schreibt vor, dass keine chemischen Verfahren erlaubt sind, um das unlösliche Eisen aus dem Wasser zu entfernen. Daher muss das Wasser filtriert, dekantiert oder belüftet werden.

Um zu vermeiden, dass Krankheitserreger entstehen oder sich vermehren können, wird Sterilluft, die meist mit Ozon angereichert ist, verwendet.⁹⁴ Beim Abtrennen der Eisen- und Schwefelverbindungen werden häufig auch beständige Mineralstoffe wie zum Beispiel Mangan und Arsen entfernt.

Durch das Anreichern des Sauerstoffs durch Ozon, reagieren die unbeständigen Stoffe schneller und oxidieren. Ist sichergestellt, dass dabei keine gesundheitsschädlichen Stoffe, wie Bromoforme entstehen, kann filtriert werden. Das Belüften des Wassers mit ozonreichem Sauerstoff sorgt für kürzere Verarbeitungszeiten bei der Herstellung. Nach Abschluss dieses Prozesses wird mithilfe spezieller Filter, dessen Poren kleiner als die der oxidierten Eisen- und Schwefelverbindungen sind, das Wasser erfolgreich gereinigt, da die unlöslichen Teilchen davon aufgefangen werden. Beim Dekantieren hingegen wird sich der hydrophobe Effekt zu nutzen gemacht.

Dieser hat zur Folge, dass sich zwei nicht mischbare Stoffe mit der Zeit trennen. Wird das Mineralwasser ruhig stehen gelassen, so setzt sich das Eisen aufgrund seiner Heterogenität am Boden ab. Durch das Benutzen eines Scheidentrichters, können beide Stoffe exakt voneinander getrennt werden.⁹⁵

⁹⁴ Vgl.

http://www.bvl.bund.de/DE/01_Lebensmittel/03_Verbraucher/15_Wasser_Mineralwasser/02_Mineralwasser/Mineralwasser_basepage.html?nn=1402446

⁹⁵ C. Schmidt & L. Dietrich. (2014): Chemie für Biologen. 1. Aufl., Heidelberg: Springer-Verlag.

In heutigen industriellen Großbetrieben wird das Mineralwasser abgerechnet und gleichzeitig mit ozonreichem Sauerstoff, mittels eines Kompressors, in Berührung gebracht. Dadurch wird das Eisen zu Eisenhydroxyd, welches wiederum durch kleinporige Filteranlagen vom eigentlichen Wasser getrennt wird. Diese Filteranlagen bestehen meist aus feinem Sand oder Kies.⁹⁶ Große Absetzbecken sorgen anschließend dafür, dass sich das übrige Eisenhydroxyd am Boden sammelt und im letzten Schritt dekantiert werden kann.

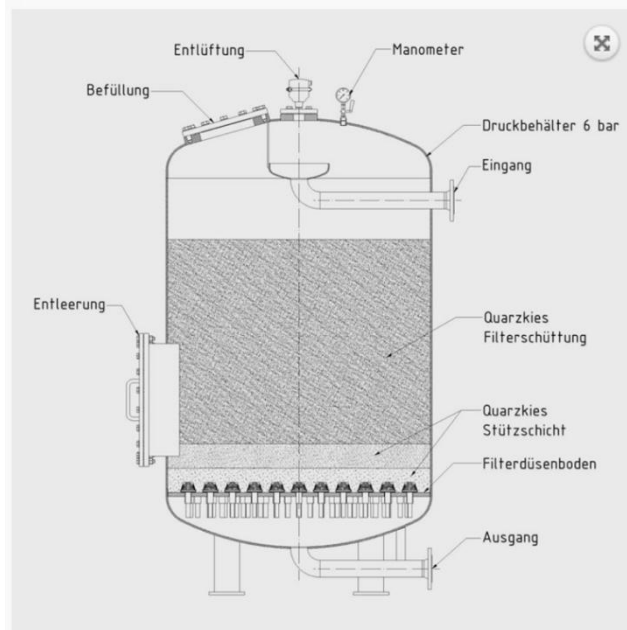


Abbildung 1: Systemabschnitt eines Kies-bzw. Sandfilters

6.2 Anreicherungen mit Kohlensäure

Mineralwasser gehört zum Teil des natürlichen Wasserkreislaufs. Es ist der Teil des Wassers, der bei Niederschlägen im Erdboden versickert. Der über Jahrzehnte oder Jahrhunderte Sickerungsprozess verläuft durch Kies-, Sand- und Schotterschichten, die das Wasser reinigen und filtern. Diese Reinigungsprozesse können jeweils durch die unterschiedlichen Gesteinsschichten und der Beschaffenheit des Bodens unterschiedlich ausfallen. Auch die Dauer, die das als Regen gefallene Wasser benötigt bis es zu einer schützenden Deckschicht gelangt, ist individuell. Darüber hinaus haben die

⁹⁶ J. König. (2013): Untersuchung von Nahrungs-, Genussmitteln und Gebrauchsgegenständen; T. 3, Die Genussmittel, Wasser, Luft, Gebrauchsgegenstände, Geheimmittel und ähnliche Mittel. Ausgabe 4., Heidelberg: Springer-Verlag

unzähligen Gesteinsschichten eine weitere Funktion. Sie geben dem Wasser wertvolle Mineralien und Spurenelemente, die für den besonderen Geschmack verantwortlich sind.⁹⁷

„Eine Vielzahl von Parametern, wie die Temperatur des Wassers und des Bodens, die Gesteinsart oder die Fließgeschwindigkeit, spielen dabei eine Rolle und entscheiden, welche Mineralstoffe das Wasser in welcher Menge aufnimmt (Sebastian Rau.2014.S.5).

Die Anreicherung mit Kohlensäure erfolgt meist durch vulkanisches Gestein, da das Wasser mit Hilfe von geochemischen Prozessen, diese leichter binden kann. Aus diesem Grund kommt es verstärkt in vulkanischen Regionen zu kohlenstoffhaltigem Wasser.⁹⁸ In Regionen mit abklingendem Vulkanismus entsteht durch das Erstarren von Magma weit unter der Erdoberfläche Kohlenstoffdioxid. Das leichtere Gas wird in Richtung Oberfläche gedrückt und trifft auf Wasserführende Schichten. Das Wasser nimmt das Kohlenstoffdioxid auf und bildet Kohlensäure. Außerdem sorgt die entstandene Kohlensäure für ein leichteres Aufnehmen von Mineralien, die durch das Wasser aus dem Gestein ausgelöst werden. Es existiert kein natürliches Wasser, welches keine Spuren von Kohlenstoffdioxid aufweist. Wie stark sich das CO₂ lösen kann, ist abhängig von der Temperatur des Wassers. Die *Abbildung 2* macht dieses deutlich.⁹⁹

| $t/^{\circ}\text{C}$ | $\varrho^*(\text{CO}_2)/\text{mg/l}$ |
|----------------------|--------------------------------------|
| 0 | 3346 |
| 10 | 2318 |
| 20 | 1688 |
| 30 | 1257 |
| 50 | 761 |

Abbildung 2: CO₂ Löslichkeit in Abhängigkeit von der Temperatur des Wassers

⁹⁷ D. Beste & M. Kälke. (1996): Wasser – der bedrohte Lebensstoff: Ein Element in der Krise. Taschenbuch. Düsseldorf: VDI Verlag

⁹⁸ IDM. (2014): Deutsches Mineralwasser – die Vielfalt unserer Natur. Auflage 2014. Berlin: IDM

⁹⁹ K. Hancke. (1998): Wasseraufbereitung: 4. Aufl. Heidelberg: VDI-Verlag ursprüngl. SpringerVerlag

Sobald dem Mineralwasser die Kohlensäure entzogen wird, findet eine Entsäuerung statt. Für diesen Prozess werden unterschiedliche Verfahren angewandt, da die Bearbeitung des Wassers abhängig vom Härtegrad ist. Grundsätzlich wird grob zwischen mechanischen und chemischen Entsäuerungen unterschieden.

Bei der mechanischen Entsäuerung differenziert man wiederum zwischen der Rieselung, Verregnung, Verdüsung und Intensiv-Belüftung. Ersteres wird auch Kaskadenrieselung genannt, da das vornämlich harte Wasser auf Steinkaskaden gerieselst wird und anschließend über Kunststoffroste fließt. Das sich dabei mit Sauerstoff anreichernde Mineralwasser verliert den Großteil des enthaltenen Kohlenstoffdioxids. Als Nebeneffekt flockt das Eisen zu Eisenoxid und kann durch weiteres Bearbeiten entfernt werden. Durch die große Gefahr der Verschmutzung des Wassers, findet diese Methode jedoch kaum noch Verwendung bei der industriellen Herstellung.

Bei der Verregnung hingegen, wird das kohlenensäurehaltige Wasser aus 2-3m Höhe auf Siebe oder feine Lochbleche fallen gelassen. Mit dieser Methode kann ein höherer Wirkungsgrad erzeugt werden. Dennoch muss darauf geachtet werden, dass der Kohlenstoffdioxidgehalt im Wasser nicht zu gering wird, um etwaige Kalkabscheidungen vorzubeugen.¹⁰⁰

Eine noch effizientere Methode ist die Verdüsung oder auch Düsenzerstäubung genannt. Hochleistungsdüsen sprühen das Wasser in einem abgeschlossenen Raum von unten nach oben. Gleichzeitig wird Sauerstoff von der Seite eingeführt. Ihre Verwendung findet sie bei Wässern mit hohem Eisengehalt und viel gespeicherter Kohlensäure. Je nach Kohlenstoffdioxidgehalt muss dieser Vorgang mehrfach unternommen werden.

¹⁰⁰ K. Hoell. (1960): Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung von Wasser. 3. Aufl. Berlin: Walter De Gruyter & Co.

Bei sehr weichem Wasser wird die Intensiv-Belüftung angewendet. Hier handelt es sich um das Verdüungsverfahren, welches jedoch durch eine zusätzliche Luftzufuhr von unten im Filterboden eine höhere Wirksamkeit erhält.¹⁰¹¹⁰²

Grundsätzlich besteht bei allen mechanischen Entsäuerungen die Problematik, dass zu viel Kohlensäure entzogen wird. Ist das der Fall, kann es zu Kalkabscheidungen im Rohr kommen.

Mit Hilfe der chemischen Entsäuerung wird Wasser durch Filterkessel gereinigt. Die Kessel bestehen aus feinkörnigem Marmor, der dafür sorgt, dass der Härtegrad des Wassers zunimmt. Allerdings ist eisenhaltiges Wasser äußerst ungeeignet für dieses Verfahren, da sich die Eisenverbindungen auf dem Marmor ablagern und somit dieser seine Wirkung verliert. Durch das Rückspülen, können die Filterkessel gereinigt werden, was dieses Verfahren sehr wartungsarm werden lässt.¹⁰⁷

6.3 Etikettierungen

Wie für alle Lebensmittel, gelten auch für Mineralwasser strenge Auflagen für die korrekte Etikettierung der Produkte. Eine Vermarktung durch eine irreführende Bezeichnung, Angabe oder Aufmachung des Wassers ist verboten.¹⁰³ Dazu gehören Aufmachungen und Darstellungen über Eigenschaften wie die Zusammensetzung und die Herkunft des Mineralwassers, die täuschen könnten. Das Etikett gibt Auskunft über den Kohlensäuregehalt, die Herkunft, sowie die individuelle Zusammensetzung des vermarkteten Produktes. Ebenso ist es notwendig die angewandten Bearbeitungsverfahren zu deklarieren. Darüber hinaus müssen die Ergebnisse der chemischen Analyse auf der verkauften Flasche angegeben sein. Dies kann entweder durch einen Vermerk auf eine

¹⁰¹ K. Hoell. (1960): Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung von Wasser. 3. Aufl. Berlin: Walter De Gruyter & Co.

¹⁰² K. Hoell. (1960): Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung von Wasser. 3. Aufl. Berlin: Walter De Gruyter & Co.

¹⁰³ K.W. Evers. (2009): Wasser als Lebensmittel. 1. Aufl., Hamburg: B. Behr's Verlag GmbH & Co. KG.

amtlich anerkannte Analyse oder der direkte Auszug mit der Menge der Bestandteile sein.¹⁰⁴

Wird ein beispielsweise ein Markenzeichen von einem Unternehmen zum Vertrieb des Mineralwassers benutzt, welches mehrere unterschiedliche Erzeugnisse produziert, dann muss es gesondert etikettiert werden. Sollte eine Kennzeichnung verwendet werden, bei der Rückschlüsse auf eine Quelle getroffen werden können, dann ist es zwingend erforderlich, dass die Buchstaben des Quellnamens und die Herkunft des Wassers mindestens eineinhalbmal so groß sind wie der eigentliche Name. Des Weiteren ist es untersagt, dasselbe Mineralwasser unter verschiedenen Kennzeichnungen zu vertreiben, sobald der Eindruck erweckt wird, dass das Wasser aus unterschiedlichen Quellen abstammt.

Die meisten Mineralwässer weisen ein Bauch- und Halsetikett auf, seltener ein drittes Rückenetikett. Ersteres beinhaltet den Namen, den Inhalt, die Bezeichnung des Mineralwassers, die Herkunft, das Analyse- und Haltbarkeitsdatum. Das Etikett am Flaschenhalt zeigt den EAN-Code, den Namen sowie einen Hinweis auf ein besonderes Merkmal des Wassers. Das können Bezeichnungen sein wie natriumarm oder den aktuellen Werbeslogan.¹⁰⁵

6.4 Schädlichkeit durch die Verwendung von Plastikflaschen

Plastikflaschen oder auch bekannt als PET-Flaschen, sind leichter und bruchsfester als Glasflaschen. Das hat zur Folge, dass viele Menschen auf die Kunststoffflaschen zurückgreifen.¹¹¹

Die synthetisch hergestellten Kunststoffe bestehen oftmals aus Erdöl und werden mit diversen Zusatzstoffen versehen, um die gewünschten Eigenschaften zu erreichen. Dazu gehören Weichmacher, Stabilisatoren,

¹⁰⁴ D. Beste & M. Kälke. (1996): Wasser – der bedrohte Lebensstoff: Ein Element in der Krise. Taschenbuch. Düsseldorf: VDI Verlag

¹⁰⁵ B. Bulau. (1994): Marketingkonzeption zur Produkteinführung. Diplomarbeit. Flensburg. ¹¹¹ Vgl. <http://www.trinkwasser-info.com/wasserschadstoffe/sind-pet-flaschen-ungesund-undschaedlich/> [Letzter Zugriff: 30.01.-14:23]

Flammschutzmittel und Füllstoffe. Einige Stoffe sind im Plastik nicht fest gebunden, was dazu führt, dass sie nach einiger Zeit an die Umwelt abgegeben werden.¹⁰⁶

PET ist die Abkürzung für Polyethylenterephthalat. Der Werkstoff stammt aus der Gruppe der Polyester und ist ein thermoplastischer Kunststoff. PET wird aus den zwei Monomeren Terephthalsäure und Ethylenglykol hergestellt. Der Werkstoff weist eine relativ gering ausfallende Durchlässigkeit gegenüber Sauerstoff und Kohlendioxid auf, weshalb es sich hervorragend für kohlenensäurehaltige Getränke eignet.

Um die Durchlässigkeit weiter zu verringern, werden die Flaschen meist Plasmabeschichtet, damit ein Austreten von Kohlensäure verhindert werden kann.¹⁰⁷ Am häufigsten findet der Stoff seine Verwendung bei Getränkeflaschen, Textilfasern und Filmmaterialien. Polyethylenterephthalat weist eine hohe Bruchfestigkeit und Formbeständigkeit auf. Darüber hinaus wird der Kunststoff wegen seiner Reißfestigkeit, Faltenfreiheit und Witterungsbeständigkeit gern in der Textilindustrie verwendet.

Außerdem nimmt er wenig Wasser auf, weshalb PET oftmals in Sportkleidung eingesetzt wird, um einen schnelleren Trocknungseffekt zu erzielen.¹¹⁴ Ebenso wird dieses Polyester als Werkstoff für Blutgefäßprothesen benutzt.

Der Schmelzpunkt liegt in etwa bei 260 bis 290 Grad Celsius. Farblich weist der Kunststoff ein Spektrum von transparent über kristallin bis hin zu weiß auf.¹⁰⁸

Derzeit herrscht eine große Diskussion über die Verwendung von Polyethylenterephthalat-Flaschen. Es existieren unterschiedlichste Meinungen und Auffassungen über diese Thematik. Mittlerweile sind die sogenannten PET-Flaschen längst als Getränkeverpackung etabliert. Lediglich 25% aller

¹⁰⁶ Vgl.

http://www.bund.net/themen_und_projekte/chemie/achtung_plastik/schadstoffe_in_plastik/ [Letzter Zugriff: 30.01.-14:30]

¹⁰⁷ Vgl. <https://www.kunststoffe.de/themen/basics/technischekunststoffe/polyethylenterephthalat-pet/artikel/polyethylenterephthalat-pet-652002> [Letzter Zugriff: 30.01.-15:15] ¹¹⁴

R. Nabenhauer. (2010): Verpackungslexikon, Fachbegriffe und Anwendungsbeispiele von Experten erklärt. 2. Aufl., Nabenhauer Consulting GmbH Fachverlag.

¹⁰⁸ P. Elsner, P. Eyerer, T. Hirth. (2012): Kunststoffe- Eigenschaften und Anwendungen. 8. Aufl., Heidelberg: Springer-Verlag

verkauften Getränke werden noch in Glasflaschen verkauft. Allerdings ist ein Anstieg der Glasmehrwegflaschen im Jahr 2014 von mehr als drei Prozent verzeichnet worden.¹⁰⁹

Biologen der Johann Wolfgang-Goethe-Universität untersuchten im Rahmen einer vom Umweltbundesamt geförderten Studie Mineralwasser. Dabei richteten sie ihre Aufmerksamkeit auf die Belastung des Wassers mit Umwelthormonen. Bisphenol A ist eine Komponente die ihre Verwendung bei der Herstellung von Polycarbonat-Flaschen findet. Diese östrogenartig wirkende Chemikalie tritt mit der Zeit aus der Plastikflasche aus und geht in das Lebensmittel über. Der Stoff ist ein Grundbestandteil zur Herstellung von Polycarbonat. Bisphenol A findet seine Verwendung beispielsweise in Plastikflaschen, Konservendosen, Kassenbons und Babyschnullern. Auch geringe Mengen können in den Hormonhaushalt des Menschen eingreifen. Dabei kann es auf alle hormonabhängigen Prozesse einwirken. Insbesondere die Entwicklung und Ausprägung eines Organismus ist betroffen.¹¹⁰

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit kam zu dem Entschluss, dass die Chemikalie weder für Erwachsene noch für Kinder ein Gesundheitsrisiko darstellt. Ebenso bewertete die WHO (Weltgesundheitsorganisation) in einer 2010 aufgestellten Studie Bisphenol A als unbedenklich.

Das Schweizer Bundesamt geht noch einen Schritt weiter, indem sie vermuten, dass ein Verbot dieses Stoffes Produzenten dazu verleite, alternative und somit schlechter getestete Chemikalien zu verwenden.¹¹¹ Die Europäische Union setzt den gesetzlichen Grenzwert, der aus einem

¹⁰⁹ Vgl. <http://www.trinkwasser-info.com/wasserschadstoffe/sind-pet-flaschen-ungesund-undschaedlich/> [Letzter Zugriff: 03.02.2016 11:33]

¹¹⁰ Vgl. http://www.bfr.bund.de/de/fragen_und_antworten_zu_bisphenol_a_in_verbrauchernahen_produkten-7195.html#topic_193123 [Letzter Zugriff: 03.02.2016 21:00]

¹¹¹ C. Bonten. (2014): Kunststofftechnik. Einführung und Grundlagen. München: Carl Hanser Verlag.

Lebensmittelbedarfsgegenstand entweichen darf auf 600 Mikrogramm pro Kilogramm Lebensmittel.¹¹² In 12 von 20 unterschiedlichen Wässern wurden Östrogene Kontaminationen gefunden.

Des Weiteren wurden PET- und Glasmehrwegflaschen verglichen. Die Forscher fanden heraus, dass die hormonelle Belastung des Mineralwassers aus PET-Flaschen doppelt so hoch ist wie die aus den Glasflaschen.¹¹³

Das in den Flaschen enthaltene Östrogen kann bei männlichen Wasserkonsumenten eine Reduzierung der Spermienqualität hervorrufen. Die hormonähnlichen Stoffe werden häufig verwendet um der Polyethylenterephthalat-Flasche ihre Flexibilität zu verleihen.¹¹⁴

Das Bundesamt für Risikobewertung teilte mit, dass Verbraucher keine Bedenken beim Konsum von Wasser aus Plastikflaschen befürchten müssen. Das BfR verwies auf den bestehenden Migrationsgrenzwert der EU von 6000 Mikrogramm/Kilogramm pro Lebensmittel. Das Institut teilte mit, dass lediglich geringe Mengen an Weichmachern im Mineralwasser gefunden wurden, die unbedenklich für den menschlichen Körper seien. Außerdem soll der chemische Stoff Bisphenol A, dem eine östrogenartige Wirkung zugesprochen wird, in keinem der getesteten Wasser enthalten gewesen sein.¹¹⁵

Die Stiftung Warentest fand 2008 heraus, dass PET-Flaschen größere Mengen Acetaldehyd aufweisen. Der chemische Stoff Acetaldehyd ist eine farblose Flüssigkeit, die bei Temperaturen von mehr als 20 Grad Celsius in den gasförmigen Zustand übergeht. Deshalb ist der Stoff hochentzündlich und sollte kühl gelagert werden. Im menschlichen Körper entsteht Acetaldehyd durch den Abbau von Ethanol. Aber auch im Tabakrauch konnten Rückstände nachgewiesen werden. In der Leber begünstigt die Flüssigkeit das Auftreten einer

¹¹²

Vgl.

http://www.bfr.bund.de/de/fragen_und_antworten_zu_bisphenol_a_in_verbrauchernahen_produkten-7195.html#topic_193123 [Letzter Zugriff: 03.02.2016 21:30]

¹¹³ Vgl. <http://www.muk.uni-frankfurt.de/38673393/047> [Letzter Zugriff: 03.02.2016 11:45]

¹¹⁴ Vgl. <http://www.trinkwasser-info.com/wasserschadstoffe/sind-pet-flaschen-ungesund-undschaedlich/> [Letzter Zugriff: 03.02.2016 12:00]

¹¹⁵ Vgl.

http://www.bfr.bund.de/de/ausgewaehlte_fragen_und_antworten_zu_pet_flaschen10007.html#topic_192943 [Letzter Zugriff: 04.02.2016 12:20]

Leberzirrhose und vermehrt die Ausbildung von Sauerstoffradikalen, welche dafür Sorge tragen, dass die Zellmembranen geschädigt werden und dadurch absterben.¹¹⁶

Da das Problem der Abspaltung des Stoffes Acetaldehyd in Plastikflaschen mittlerweile bekannt ist, werden sogenannte Acetaldehyd-Blocker bei der Herstellung beigemischt um dies zu verhindern. Allerdings wird das lediglich bei PET-Mehrwegflaschen angewandt und nicht bei PET-Einwegflaschen.¹¹⁷ Die Stiftung Warentest fand heraus, dass in zehn von allen getesteten Wässern ein erhöhter Gehalt an der chemischen Substanz Acetaldehyd nachgewiesen werden konnte. Die Werte schwankten zwischen 19 und 30 Mikrogramm/Liter. Ebenso wie das BfR verwies auch die Stiftung Warentest auf den gesetzlichen Grenzwert der Europäischen Union. Die Konzentration des Stoffes sei zu gering, um von einer Gesundheitsgefährdung zu sprechen. Dabei ist das Acetaldehyd in höheren Dosen gewebeschädigend und krebserregend.¹¹⁸

Darüber hinaus ist bekannt, dass die Substanz mit vielen Verbindungen und Vorgängen im Körper reagiert. Es kann eine Reizung der Atemwege hervorrufen und wurde unter anderem vom Internationalen Krebsforschungszentrum als potentiell krebserzeugend eingestuft.¹¹⁹ Der Toxikologe Martin Wagner von der Goethe Universität in Frankfurt äußerte sich wie folgt zum Thema Acetaldehyd in PET-Flaschen: „Acetaldehyd gilt in den vorliegenden Konzentrationen als ungefährlich. Es ist aber ein Beispiel dafür, dass Kunststoffe in nennenswerten Mengen Chemikalien freisetzen. Die Menge ist so groß, dass man sie sogar schmecken kann“ (Frederik Jötten, 2014).¹²⁰ Außerdem sei das Auslaugen der chemischen Stoffe zeitabhängig. Je länger die Flüssigkeit in der Plastikflasche ist, desto höher ist die Konzentration im Wasser.

¹¹⁶ Vgl. <http://www.chemie.de/lexikon/Acetaldehyd.html> [Letzter Zugriff: 03.02.2016 12:35]

¹¹⁷ A. Schneider. (2008): Mineralwasser in PET-Einwegflaschen. Ausgabe 08/2008, München: Genios-Verlag.

¹¹⁸ Stiftung Warentest. Es gibt da ein Problem. Ausgabe 08/2008.

¹¹⁹ Vgl. <http://www.bag.admin.ch/themen/drogen/00041/00618/13196/13203/?lang=de> [Letzter Zugriff: 03.02.2016 14:02]

¹²⁰ Vgl. <http://www.spiegel.de/gesundheit/ernaehrung/plastikflaschen-und-pestizide-welcheswasser-ist-gesund-a-983383.html> [Letzter Zugriff: 03.02.2016 14:13]

7 Mineralwasserverkostung

7.1 Vorbereitung

Für die Durchführung der Mineralwasserverkostung und der anschließenden Auswertung erstellten wir einen Fragebogen (Abbildung 3), welcher in 4 Spalten unterteilt ist. Acht verschiedene Mineralwässer sollten bezüglich ihres Geschmackes und des Kohlensäuregehaltes in den ersten beiden Spalten mit den Noten 1 bis 6 bewertet werden. Wobei die eins, der besten und sechs der schlechtesten Note entsprach. In der dritten Spalte konnten die Testpersonen

Testperson:

| Erläuterung: | 1 = sehr gut / sehr viel Kohlensäure bis 6 = mangelhaft / sehr wenig Kohlensäure | | | | | | | | | | | | mehrere Kreuze möglich | | | | | | Platz für eigene Bemerkungen |
|--------------|---|---|---|---|---|---|-------------------|---|---|---|---|---|------------------------|--------|-----|-----------|-------------|---------|------------------------------|
| | Geschmack allg. | | | | | | Kohlensäuregehalt | | | | | | säuerlich | salzig | süß | künstlich | eisenhaltig | neutral | sonstiges |
| Wasser | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Geschmacksnuancen (säuerlich, salzig, süß, künstlich, eisenhaltig oder neutral) ankreuzen, welche sie bei der Verkostung herauschmeckten. In der letzten Spalte ließen wir Platz für nachträgliche Anmerkungen. Für den Fragebogen wählten wir acht verschiedene Mineralwässer aus, welche unterschiedliche Anteile von Calcium, Natrium, Kalium oder anderen Inhaltsstoffen aufwiesen. Jedes Wasser wurde mit einer Nummer versehen, sodass die Testpersonen unvoreingenommen testen konnten.

Abbildung 3: Fragebogen für die Mineralwasserverkostung

7.2 Durchführung

Die Verkostung der Mineralwässer fand im Gebäude der Technischen Universität in der Marchstraße, im Zeitraum von 9:30-10:30 und 14:00-16:00 Uhr, statt. 40 Testerinnen und Tester bekamen acht 0,4cl große Plastikbecher, welche mit den Zahlen 1 bis 8 beschriftet und dem entsprechenden Mineralwasser aufgefüllt waren. Nacheinander mussten diese getestet und die Ergebnisse auf den im Vorhinein erläuterten Fragebogen festgehalten werden. Anschließend wurden die Fragebögen eingesammelt, Fragen beantwortet und die Wasser namentlich den einzelnen Nummern zugeordnet.



Abbildung 4: Vorbereitungen für die Verkostung

7.3 Ergebnisse und Auswertung

| Mineralwasser | Mineralwasserverskostung | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------------|----|----|----|---|---|------|---|-----------------------------|----|----|----|---|------|
| | Geschmack allgemein | | | | | | | | allgemein Kohlensäuregehalt | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Urstromtaler Classic | 1 | 11 | 15 | 8 | 4 | 1 | 3,15 | 0 | 10 | 6 | 10 | 13 | 1 | 3,72 |
| Vitalbrunnen | 0 | 8 | 17 | 7 | 7 | 1 | 3,85 | 4 | 5 | 10 | 13 | 6 | 2 | 3,3 |
| Spreequell | 0 | 14 | 5 | 11 | 6 | 4 | 3,52 | 2 | 10 | 9 | 13 | 5 | 1 | 3,3 |
| Leitungswasser | 3 | 11 | 12 | 5 | 6 | 3 | 3,22 | 2 | 5 | 7 | 14 | 10 | 2 | 3,77 |
| Viva con Auqa | 2 | 11 | 11 | 11 | 4 | 1 | 3,17 | 3 | 4 | 7 | 15 | 7 | 4 | 3,77 |
| Gerolsteiner | 1 | 3 | 19 | 8 | 7 | 2 | 3,57 | 3 | 8 | 9 | 13 | 6 | 1 | 3,35 |
| Fortanebrunnen | 0 | 8 | 13 | 11 | 3 | 5 | 3,6 | 3 | 6 | 8 | 11 | 9 | 3 | 3,65 |
| Bonaqua | 2 | 9 | 12 | 8 | 4 | 5 | 3,45 | 4 | 9 | 14 | 5 | 5 | 3 | 3,17 |

Abbildung 5: Benotung von Geschmack und Kohlensäuregehalt

Die gesammelten Ergebnisse der Fragebögen aller Testerinnen und Tester wurden in eine Tabelle zusammengefasst und dann ausgewertet. Das außergewöhnlichste Ergebnis bestand darin, dass alle Testpersonen den Kohlensäuregehalt der Testwasser als Medium bis niedrig einschätzten. Die gewählten Mineralwässer waren jedoch alle der Einteilung Classic entnommen, was bedeutet, dass sie den höchsten Wert von Kohlensäure (6,00-8,00 g/l) in PET-Flaschen aufweisen. Mit einer durchschnittlichen Note von 3,1 bis 3,7 bestand der benotete Wert der Testerinnen und Tester jedoch im unteren Mittelbereich. Der Grund für diese Werte, können die länger stehenden mit Mineralwasser gefüllten Becher sein, aus welchen die Kohlensäure mit der Zeit entweichen kann. In Folge dessen fällt der Gehalt immer weiter und die Mineralwässer beginnen schale werden. Zusätzlich sind PET-Flaschen nicht völlig gasundurchlässig, wie z.B. Glasflaschen, somit kann ebenfalls in kleinen Mengen Kohlensäure entweichen. Dies hat zur Folge, dass der Kohlensäuregehalt in der Flasche, nicht dem auf dem Etikett angegebenen entsprechen muss.

| Mineralwasserverkostung | | | | | | |
|-------------------------|--------|-----|-----------|-------------|---------|----------------------------------|
| säuerlich | salzig | süß | künstlich | eisenhaltig | neutral | Anmerkungen |
| 8 | 8 | 3 | 4 | 7 | 11 | leichter Geruch, eklig |
| 10 | 12 | 2 | 11 | 6 | 14 | |
| 9 | 17 | 5 | 7 | 6 | 5 | |
| 8 | 5 | 3 | 6 | 11 | 15 | mineralisch, eklig |
| 4 | 5 | 8 | 7 | 3 | 18 | langweilig, |
| 9 | 11 | 3 | 8 | 13 | 7 | |
| 8 | 7 | 4 | 4 | 6 | 17 | winterlich |
| 5 | 7 | 10 | 15 | 5 | 5 | eklig, künstlich, nussig, bitter |

Abbildung 6: Geschmacksnuancen und Anmerkungen

Im allgemeinen Geschmackstest lagen die Noten der angegeben Mineralwässer im Notenbereich 3,1 bis 3,8. Dies ist den unterschiedlichen und individuellen Geschmäckern der einzelnen Testperson zuzuschreiben. Trotz dessen ist bei zusätzlicher Betrachtung der dritten Spalte erkennbar, dass alle Mineralwässer unterschiedliche Geschmacksnuancen bei den Testerinnen und Tester hervorgerufen haben. Einige Wässer empfanden sie eher neutral oder künstlich, salzig oder süß oder doch säuerlich und eisenhaltig. Für den

Geschmack sind die unterschiedlich hohen oder niedrig enthaltenen Mineralstoffe, die Kohlensäurezugabe oder die Aufbereitungsart des Trinkwassers von Bedeutung.

Hinter dem Mineralwasser mit der Testnummer 4 verbarg sich Leitungswasser, welches mithilfe eines Sprudelgerätes mit Kohlendioxid versetzt wurde. Dieses Wasser wurde von den meisten Testpersonen als sehr eisenhaltig, säuerlich, aber dennoch neutral beschrieben. Der im Wasser erhöhte Eisengeschmack kann durch im Haus verbaute Kupfer- oder verzinkte Rohre erklärt werden, wodurch sich das **Leitungswasser** mit Eisen-, Kupfer-, oder Zinkmolekülen anreichert. Das Kohlendioxid, welches zusätzlich zum Wasser hinzugefügt wurde reagiert mit dem auf der Zunge befindlichem Enzym Carboanhydrase, mithilfe dessen Kohlendioxid in Kohlensäure umgewandelt wird. Dies hat zur Folge, dass die Testpersonen nicht nur einen eisenhaltigen sondern auch sauren Geschmack verspürt haben. Dennoch ist der Tabelle (Abbildung 4) zu entnehmen, dass ähnliche Werte in allen Geschmacksempfindungen, auf weniger Mineralien schließen lassen, da keine weitere besonders herausstachen.

Hinter dem Testwasser mit der Nummer 3 verbirgt sich das Mineralwasser **Spreequell** Classic. Die Mehrheit der Testpersonen empfand dieses als sehr salzig und säuerlich. Grund dafür sind die Mineralien Natrium (6,4 mg/l) und Chlorid, welche in Kombination, das Mineralwasser salzig schmecken lassen. Im Wasser enthaltene Sulfate rufen einen bitteren Geschmack hervor. Spreequell ist ein natürliches Mineralwasser, welches mit Kohlensäure aus anderen Quellen versetzt wurde. Dieses Wasser floss durch verschiedene Gesteinsschichten und reicherte sich durch Gipsschichten mit Sulfat (59,1 mg/l) und aufgrund von Salzlagerstätten mit Chlorid (5,2 mg/l) an. Die Konzentration kann durch die Mineralwassergewinnung an unterschiedlichen Standorten variieren. (Spreequell Mineralbrunnen GmbH)

Mit der Nummer 6 verkosteten die Testpersonen das Mineralwasser **Gerolsteiner** Sprudel. Jenes Wasser ist ein Quellwasser und muss ebenfalls aus einer unterirdischen Quelle gewonnen und sofort abgefüllt werden. Der hohen Hydrogencarbonatwert (1.816 mg/l) gibt an, dass das Wasser durch Kalkgestein floss, wodurch der Geschmack neutral sein sollte. Die hohen Werte von Natrium

(118 mg/l) und Chlorid (40 mg/l) könnten eher auf einen salzigen Geschmack hindeuten. Dieser wurde von 11 Testpersonen bei der Verkostung bestätigt. (Gerolsteiner Brunnen GmbH & Co.Kg)

Das classic Mineralwasser von **Bonaqua** ist ein Tafelwasser. Dieses Wasser enthält Trinkwasser, natürlichem Mineralwasser oder ist ein Gemisch (nach der MTVO) aus beiden oder enthält eines der folgenden Zutaten:

- Natursole,
- durch Wasserentzug im Gehalt an Salzen angereichertes natürliches Mineralwasser,
- Meerwasser,
- Natriumchlorid oder
- Zusatzstoffen z.B. Calciumcarbonat, Calciumchlorid, Natriumhydrogencarbonat, Magnesiumcarbonat oder Kohlendioxid

Aufgrund der unterschiedlichen Zubereitungsweise von Tafelwasser gegenüber natürlichem Mineral- und Quellwasser nennt man es „künstliches Mineralwasser“. Bei der Mineralwasserverkostung schloss dieses als schlechtestes Wasser ab, da die Testerinnen und Tester zu viele verschiedene Geschmäcker ausmachen konnten (säuerlich 5, salzig 7, süß 10, eisenhaltig 5). Folgend empfanden viele der Tester dieses als künstlich, eklig und nicht natürlich. Dies kann daraus resultieren, da das Tafelwasser ein Gemisch und zusätzlich verschiedene Zusatzstoffe beigemischt werden können. Dadurch hat es zu viele Mineralstoffe, als bei anderen Wassern, wodurch es als künstlich wahrgenommen wird.

7.4 Rückschlüsse

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Geschmack von Mineralwasser und Quellwasser, abhängig von der Zusammensetzung seiner Mineralien ist, welche durch die unterschiedlichen Sedimentschichten aufgenommen werden und je nach Abfüllort variieren. Ist das Mineral- oder Quellwasser am Abfüllort zu eisen- oder schwefelhaltig wird es vor Ort noch enteist oder entschwefelt. Die dabei durchgeführten Behandlungsverfahren müssen auf dem Etikett gekennzeichnet werden und können zusätzlich den Geschmack verändern.

Tafelwasser hingegen ist ein Mineralwassergemisch, welches durch unterschiedlich hohe oder niedrige Anteile bei der Mineralienzugabe in seinem Geschmack beeinflusst werden kann. Dabei ist entscheiden, ob das Tafelwasser mit Trinkwasser oder einem Gemisch von Trinkwasser und Mineralwasser mit den in der Aufzählung angegeben Zutaten unter dem Abschnitt 7.3 vermischt wird. Trinkwasser wird durch viele Fertigungsverfahren (Vorreinigung, Flockung, Filtration, Entsäuerung, Enthärtung, Desinfektion) aufbereitet und gereinigt und kann durch unterschiedliche Transportwege unterschiedliche Geschmacksnuancen aufweisen. Es muss nach der MTVO bestimmte Vorlagen erfüllen, aber kann folglich unterschiedlich zusammengesetzt sein. Bei diesem Wasser unterscheiden sich die Geschmacksnuancen durch die vorher durchgeführten Abfertigungsverfahren und Reinigungen des Trinkwassers, der Zusammensetzung des Tafelwassergemisches und der Zugabe von Zusatzstoffen.

Ein weiterer ausschlaggebender Punkt für veränderten Geschmack, ist die Art der Abfüllung und Lagerung der Mineralwässer. Werden jene in PET-Flaschen abgefüllt und gelagert, dann kann die organische Verbindung von Acetaldehyd, welches bei der Produktion von der PET-Flaschen entsteht, in das Wasser übergehen und dadurch den Geschmack verändern. Die organische Verbindung soll unbedenklich für den menschlichen Körper sein, kann bei mehr als 10 mg/l jedoch den Geschmack verfälschen. Mineralwässer, welche in PETFlaschen abgefüllt wurden und nicht trocken, kühl und dunkel gelagert werden, können dann einen fruchtig-aromatischen Geruch und Geschmack aufweisen. Um dies zu verhindern werden Acetaldehyd-Blocker verwendet oder die PETFlaschen von innen mit einer glasartigen Schicht beschichtet.¹²¹

8 Einbettung in den Unterricht

In den Unterricht lässt sich das Thema Mineralwasser gut eingliedern. Nach dem Rahmenlehrplan kann man in der siebten bis achten Klasse im Modul P3

¹²¹ Aid Infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e.V., 2015, S 48

Ernährung und Gesundheit das Thema Mineralwasser auffassen.¹²² Beispielsweise eignet es sich, um unter dem Aspekt Arbeitssicherheit und Gesundheit die Regeln für eine gesunde Ernährung im Unterricht zu besprechen, worin auch besprochen wird, dass es für den Körper wichtig ist, viel Wasser aufzunehmen. Mineralwasser zählt durch seine zuckerfreie Zusammensetzung zu den gesunden und kalorienarmen Getränken^{123124 30}. Unter dem Aspekt Verbraucherverhalten können Lebensmitteltests durchgeführt werden¹²⁵. Diese Tests könnten so aussehen, dass eine Blindverkostung verschieden zusammengesetzter Mineralwasser von den SchülerInnen durchgeführt wird. So können SchülerInnen erfahren, dass nicht jedes Mineralwasser gleich schmeckt und sich näher mit den Zusammensetzungen der Mineralwässer auseinandersetzen. Zudem kann man auch im Unterricht historisch ergründen, warum Wasser mit Kohlensäure versetzt wird. Im Rahmen des Moduls WP3 Lebensmittelverarbeitung, welches in der 7. bis zur 10. Klasse aufgegriffen werden kann¹²⁶, können die Arbeitstechniken besprochen werden, die bei der Abfüllung von Mineralwasser genutzt werden. Vergleichen kann man diese Vorgänge mit einem Trinkwassersprudler, der von den SchülerInnen eigenständig bedient werden kann. Eine allgemeine Verknüpfung mit anderen Unterrichtsfächern ist beispielsweise mit dem Fach Biologie sinnvoll, wobei auf die Ernährung und Verdauung eingegangen werden kann. Gegebenenfalls können auch mit SchülerInnen Exkursionen zu einer Abfüllungsstätte von Mineralwasser durchgeführt werden, um die Abfüllung hautnah mitzuerleben.

8.1 Fachliches Fazit

Das Wasser für den menschlichen Verzehr und Gebrauch wird durch diverse strenge Richtlinien sowohl auf staatlicher - als auch auf EU-Ebene geregelt. Durch die Differenzierung und genaue Etikettierung von Tafel-, Quell-, Mineral- und Heilwasser soll es dem Verbraucher vereinfacht werden, das Produkt zu bewerten und einzuordnen. Zum Umweltschutz ist die Nutzung von Trinkwasser

¹²² Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft Berlin: Rahmenlehrplan für die Sekundarstufe

¹²³ , Jahrgangsstufe 7-10, Integrierte Sekundarschule, Wirtschaft-Arbeit-Technik; 1.Auflage 2012, S. 23

¹²⁴ <http://www.gesundheit.de/ernaehrung/richtig-trinken/gesunde-getraenke> (Zugriff am 29.01.2016)

¹²⁵ Rahmenlehrplan, S.23

¹²⁶ Rahmenlehrplan, S. 34

aus dem Leitungssystem dem abgefüllten Wasser vorzuziehen, da bei Leitungswasser der Transportweg und die Verpackung entfallen. Auch wenn DIN-Normen heutzutage detaillierte Vorgaben für den Bau des Leitungssystems von Trinkwasser zum Endverbraucher aufstellen, können Verunreinigungen durch beispielsweise alte Bleileitungen entstehen. Sollten Endverbraucher den Verdacht hegen, das Leitungswasser sei verunreinigt, können die zuständigen Wasserwerke erste Informationen bieten. Untersuchungen des Leitungswassers können dazu führen, dass bei einer Verunreinigung durch bestimmte Rohrleitungen der Vermieter diese austauschen muss.

In Mineralwasser sind viele Stoffe aus der Natur gelöst, die für den Körper wichtig sind. Viele Mineralwässer haben eine unterschiedliche Zusammensetzung und pauschal kann nicht gesagt werden, welches Mineralwasser das am besten geeignetste ist. Es kommt ganz darauf an, welche Allergien, Ernährung und sportliche Aktivität die Einzelperson hat. Generell muss nicht auf Mineralwasser zurückgegriffen werden, da beispielsweise das Leitungswasser im Landkreis Berlin einwandfrei ist.¹²⁷ Wenn es einem um Kohlendioxid im Wasser geht und nicht um die Mineralstoffe an sich, welche auch mit einer ausgewogenen Ernährung zugeführt werden können¹²⁸, kann man auf einen Trinkwassersprudler zurückgreifen und spart damit auch Geld im Vergleich zum Kauf von Mineralwasser¹²⁹. Das Kohlendioxid wird, mit dem Trinkwassersprudler manuell, unter Druck in das Wasser gepresst.¹³⁰ Umgangssprachlich wird der Begriff Kohlensäure für den Sprudel benutzt, was aber falsch ist, da mehr Kohlendioxid frei im Wasser vorzufinden ist und nur zu 0,2% zu Kohlensäure reagiert. Das Sprudeln im Wasser erzeugt allerdings das Kohlendioxid.¹³¹ Die Enteisung von Mineralwasser sowie der Entzug von Kohlensäure sind ein komplexer Prozess, da sich nach den Wasser- und Lebensmittelverordnungen gerichtet wird. Die Etikettierung der Flaschen ist ein

¹²⁷ Krüger, M.: Mineralwasser, S. 36-44

¹²⁸ Krüger, M.: Mineralwasser, S. 34

¹²⁹ <https://www.test.de/Trinkwassersprudler-Gut-geblubbert-1039696-2039696/>, 2016 (Zugriff am 26.1.2016)

¹³⁰ <http://trink-wassersprudler.de> (Zugriff am 26.1.2016)

¹³¹ K.B.: Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser, S.3

wichtiger Aspekt des Marketings und die Verwendung von Plastikflaschen ist in Hinsicht auf Schädlichkeit umstritten.

8.2 Fazit der Projektarbeit

Das AL-P4 Projekt bietet Studentinnen und Studenten die Möglichkeit, ein von ihnen selbst gewähltes Thema unter dem Aspekt Fertigungsverfahren zu untersuchen und zu bearbeiten. Dadurch hat man sich intensiver mit Fertigungsprozessen auseinandergesetzt. Die Informationsbeschaffung, zeitliche Einteilung und Bearbeitung des Themas war innerhalb der Gruppe schnell aufgeteilt, sodass jeder seinen Aufgaben nachgehen konnte. Leider fanden keine Zwischentreffen statt, in denen man sich gezielt mit anderen Gruppen austauschen konnte und den Dozenten antraf. Alle Absprachen mit dem Dozenten fanden mittels Emailkontakt statt. Im Ganzen war es eine sehr selbständige Erarbeitung, für die auch mehr Zeit als gegeben genutzt hätte werden können. Leider konnte in unserer Gruppe keine Besichtigung einer Abfertigungsfirma für Mineralwasser unternommen werden, wodurch das Projekt stark dem Schreiben einer Hausarbeit ähnelte. Allerdings konnte eine Wasserverkostung im Rahmen des Projektes durchgeführt werden, die interessante Rückschlüsse erlauben ließ.

9 Literaturverzeichnis

aid infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e.V. (2015).

Wasser. Bonn: aid infodienst.

Amt für Veröffentlichungen der EU (2009): Zusammenfassung Richtlinie 2009/54/EG. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=URISERV:co0008> [Zugriff: 16.01.2016]

Berliner Wasserbetriebe (2014): Analysedaten der Wasserwerke. URL: http://www.bwb.de/content/language1/downloads/WW_Analysedaten_2014.pdf [Zugriff: 26.01.2016]

Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (2015): Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen. URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/ifsg/gesamt.pdf> [Zugriff: 27.01.2016]

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2013): Wasserwirtschaft in Deutschland Teil 1: Grundlagen. URL: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/wawi_teil01_web.pdf [Zugriff: 29.01.2016]

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucher. (kein Datum). Abgerufen am 4. Februar 2016 von Verordnung über natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser (Mineral- und Tafelwasser-Verordnung): http://www.gesetze-im-internet.de/min_tafelwv/__2.html

Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (2013): Trinkwasserverordnung: URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/trinkwv_2001/gesamt.pdf [Zugriff: 16.01.2016].

Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (2014): Mineral- und

Tafelwasser-Verordnung: URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/min_tafelwv/gesamt.pdf [Zugriff: 16.01.2016].

Bundesgesetzblatt (1975): Verordnung über Trinkwasser und über Brauchwasser für Lebensmittelbetriebe, Bonn. URL: http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl175s0453.pdf [Zugriff: 18.01.2016]

Dettmer, U.: mediscript Kurzlehrbuch Biochemie 1.Auflage mit Abbildungen und Tabellen; 2013 (Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag, München)

EU-Richtlinie: Trinkwasser. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:DE:PDF> [Zugriff: 31.01.2016]

EU-Richtlinie: Mineralwässer. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:164:0045:0058:DE:PDF> [Zugriff: 31.01.2016]

Evers, D. K. (2009). *Wasser als Lebensmittel*. Hamburg: B.Behr's Verlag GmbH & Co. KG.

Freitag-Ziegler, Gabriele (2012): Wasser. In: aid Infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e. V., Bonn, S. 63.

K.B.: Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser; 2007 (Westfälische Wilhelms-Universität Münster) (http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik_der_chemie/kernpraktikumfriese/loeslichkeit_von_gasem_in_wasser__kohlenstoffdioxid_.pdf (Zugriff am 16.1.2016))

Krüger, M.: Mineralwasser. Gesundheit aus der Flasche? Verbraucherzentrale 4. Auflage 1994 aktualisiert (Olbrysch-Druck, Erkrath)

Gerolsteiner Brunnen GmbH & Co.Kg. (kein Datum). *Gerolsteiner*. Abgerufen am 8. Februar 2016 von <https://www.gerolsteiner.de/de/mineralwasser/sprudel/>
Grohmann, Grohmann Jekel, Szewzyk, Szewzyk: Wasser Chemie, Mikrobiologie und nachhaltige Nutzung; 2011(Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, Berlin)
Imhof, Markus (2007): Schadstoffe im Trinkwasser. 1. Aufl. , Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller.

Qualitätsgemeinschaft Biomineralwasser e.V. (2015): Richtlinien für für BioMineralwasser, Bio-Quellwasser und als Zutat für daraus hergestellte Biogetränke, Neumarkt i.d.Opf. URL: [http://www.biomineralwasser.de/fileadmin/user_upload/downloads/10_15/BioMW](http://www.biomineralwasser.de/fileadmin/user_upload/downloads/10_15/BioMWhttp://www.bio-mineralwasser.de/fileadmin/user_upload/downloads/10_15/BioMW-Richtlinien_12.08.15.pdf)
http://www.bio-mineralwasser.de/fileadmin/user_upload/downloads/10_15/BioMW-Richtlinien_12.08.15.pdf [Zugriff : 25.01.2016]

Roeske, Wolfgang (2006): Trinkwasserdesinfektion. (Hrsg.): Ritter. Oldenbourg: Industrieverlag München Wien.

Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW: Vergleich der Umweltbelastungen von Hahnenwasser und Mineralwasser. URL: http://www.svgw.ch/fileadmin/resources/svgw/web/HomeAccucuseil/SVGW_esuservices_%C3%96kobilanz_Trinkwasser_Mineralwasser_2006_dd.pdf

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft Berlin: Rahmenlehrplan für die Sekundarstufe 1, Jahrgangsstufe 7-10, Integrierte Sekundarschule, Wirtschaft-Arbeit-Technik; 1.Auflage 2012, S. 23

Spreequell Mineralbrunnen GmbH. (kein Datum). *Spreequell*. Abgerufen am 8. Februar 2016 von <https://www.gerolsteiner.de/de/mineralwasser/sprudel/>

Umweltbundesamt (2015): Belastungen des Grundwassers. URL: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/naehr-schadstoffe> [Zugriff 29.01.2016]

Wasserwerke Westfalen: Trinkwasseraufbereitung im Wasserwerk Haltingen.

URL: <http://www.wasserwerke-westfalen.de/wasser/wasseraufbereitung/beispiel-wasserwerk-haltingen/> [Zugriff 30.01.2016]

Unbekannter Autor:

http://www.focus.de/gesundheit/ernaehrung/gesundessen/stiftung-warentestprueft-mineralwasser-jedes-dritte-mineralwasser-verunreinigt_id_4012740.html, 2014 (Zugriff am 27.1.2016)

Unbekannter Autor: Lexikon der Biologie Kohlendioxid; 1999 (Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg)

Unbekannter Autor: <http://trink-wassersprudler.de> (Zugriff am 26.1.2016)

Unbekannter Autor: <https://www.test.de/Trinkwassersprudler-Gutgeblubbert1039696-2039696/>, 2016 (Zugriff am 26.1.2016)

Unbekannter Autor: [Lenntech.de](http://www.lenntech.de)

<http://www.lenntech.de/pse/wasser/calcium/calcium-und-wasser.htm> (Zugriff am 23.01.16) <http://www.lenntech.de/pse/wasser/magnesium/magnesium-und-wasser.htm>

(Zugriff am 23.01.16)

<http://www.lenntech.de/pse/wasser/kalium/kalium-und-wasser.htm> (Zugriff am 23.01.16) <http://www.lenntech.de/pse/wasser/natrium/natrium-und-wasser.htm> (Zugriff am

23.01.16) <http://www.lenntech.de/pse/wasser/natrium/natrium-und-wasser.htm> (Zugriff am

23.01.16) <http://www.lenntech.de/pse/wasser/eisen/eisen-und-wasser.htm>

(Zugriff am

23.01.16) Unbekannter Autor:

<http://www.gesundheit.de/ernaehrung/richtigtrinken/gesunde-getraenke> (Zugriff am 29.01.2016)

Wasser Wissen: Flockung. URL: <http://www.wasserwissen.de/abwasserlexikon/f/flockung.htm> [Zugriff 30.01.2016]

Wasser Wissen: Flockungsmittel. URL: <http://www.wasserwissen.de/abwasserlexikon/f/flockungsmittel.htm> [Zugriff: 30.01.2016]

Wasser Wissen: Filtration, Filtern. URL: <http://www.wasserwissen.de/abwasserlexikon/f/filtration.htm> [Zugriff 30.01.2016]

Wasser Wissen: Enthärtung. URL: <http://www.wasserwissen.de/abwasserlexikon/e/enthaertung.htm> [Zugriff 30.01.2016]

Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.: Wasser. URL: <http://www.dvgw.de/wasser/> [Zugriff: 31.01.2016]

Wasser Wissen: Trinkwasser. URL: <http://wasser-lexikon.de/trinkwasser/> [Zugriff: 32.01.2016]

Wasser Wissen: DIN 2000. URL: <http://wasser-lexikon.de/din-2000/> [Zugriff 31.01.2016]

Tabelle

Tab. 1: Berliner Wasserbetriebe (2014). URL: <http://www.bwb.de/content/language1/html/1133.php> [Zugriff: 25.01.2016]

Tab. 2: aid infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e.V., 2015.

Abbildungen

Abb. 1: Systemschnitt eines Kies- bzw. Sandfilters: URL: <http://www.iuumwelttech-nik.de/de/altlastensanierung/enteisenerentmanganung.htm>)

Abb. 2: CO₂ Löslichkeit in abhängig von der Temperatur des Wassers. K. Hancke. (1998): Wasseraufbereitung: 4. Aufl. Heidelberg: VDI-Verlag ursprüngl. Springer-Verlag

Abb. 3,4,5,6: privat

Anlage

Eidesstattliche Versicherung

Hiermit erkläre ich an Eides statt gegenüber der Fakultät I der Technischen Universität Berlin, dass die vorliegende, dieser Erklärung angefügte Arbeit selbstständig und nur unter Zuhilfenahme der im Literaturverzeichnis genannten Quellen und Hilfsmittel angefertigt wurde. Alle Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen wurden, sind kenntlich gemacht. Ich reiche die Arbeit erstmals als Prüfungsleistung ein. Mit meiner Unterschrift bestätige ich, dass ich über fachübliche Zitierregeln unterrichtet worden bin und verstanden habe. Die im betroffenen Fachgebiet üblichen Zitiervorschriften sind eingehalten worden. Eine Überprüfung der Arbeit auf Plagiate mithilfe elektronischer Hilfsmittel darf vorgenommen werden.

Berlin, den 10.02.2016

.....

Lisa Porzell

.....

Julia Höft

.....

Nicola Bendzko

.....

Sascha-Leon Hör