

Wasser in der Getränkeindustrie

Wasser in der Getränkeindustrie

Karl Glas und Marcus Verhülsdonk (Herausgeber)

Alfons Ahrens, Michael Becker, Uwe Behmel, Thomas Buscham,
Hartmut Evers, Jürgen Hofmann, Martin Keller, Thomas Letzel,
Christopher McHardy, Brigitte Helmreich, Harald Horn,
Clemens Nörpel, Dirk Scheu, Ingrid Schmittnägel, Michael Sonntag,
Jean Titze, Jochen Türk, Michael Wagner



Haftungsausschluss

Alle Angaben in diesem Buch wurden von den Autoren nach bestem Wissen erstellt und gemeinsam mit dem Verlag mit größtmöglicher Sorgfalt überprüft. Dennoch lassen sich (im Sinne des Produkthaftungsrechts) inhaltliche Fehler nicht vollständig ausschließen. Die Angaben verstehen sich daher ohne jegliche Verpflichtung oder Garantie seitens der Autoren oder des Verlages. Autoren und Verlag schließen jegliche Haftung für etwaige inhaltliche Unstimmigkeiten sowie für Personen-, Sach- und Vermögensschäden aus.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

© 2015 Fachverlag Hans Carl GmbH, Nürnberg
Alle Rechte vorbehalten

Das Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

Titelbild: Christina Schönberger
Covergestaltung: Echtzeit Medien, Tennenlohe
Layout und Satz: Verlagsservice Rohner, Tegernheim
ISBN 978-3-418-00912-4

Vorwort

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

für viele Menschen ist der Umgang mit Wasser selbstverständlich, doch gleichzeitig besitzt Wasser als Grundstein allen Lebens eine herausragende Bedeutung. Die biologische und gesellschaftliche Relevanz des Mediums Wasser auf der einen Seite und seine Komplexität und Vielfältigkeit auf der anderen Seite sind es, die die große Faszination dieser Matrix ausmachen.

Als elementarer Bestandteil aller Getränke und wichtiges Betriebsmittel hat Wasser für die Getränkeindustrie daher einen bedeutsamen Stellenwert. Dessen vielseitiger Verwendungszweck in einem Getränkebetrieb stellt hohe und zum Teil sehr spezifische Anforderungen an den Reinheitsgrad und damit verbunden an die verschiedenen Aufbereitungsverfahren.

Vor diesem Hintergrund soll dieses Buch dazu beitragen, einen Überblick über Probleme, Herausforderungen, Möglichkeiten und Lösungen im Umgang mit Wasser im betrieblichen Umfeld zu geben.

Durch unser jährliches „Wasserseminar für die Lebensmittel- und Getränkeindustrie“ besteht mittlerweile ein etabliertes Diskussionsforum für aktuelle Fragestellungen zum Thema Wasser innerhalb der Getränkeindustrie. Es freut uns besonders, zahlreiche Referenten der letzten Jahre als Autoren für dieses Buch gewonnen zu haben und so die Aktualität und Qualität der Inhalte zu sichern. Dennoch kann hier kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden. Vielmehr ist es unser Bestreben, mit diesem Buch dem Praktiker Ansatzpunkte für die Verwendung von Wasser in der Getränkebranche zu geben und den Einstieg in dieses weite Themenfeld zu erleichtern.

Ein besonderes Anliegen ist es uns, allen, die zum Gelingen dieses Buches beigetragen haben, unseren herzlichsten Dank ausdrücken. Ohne das aufgebrachte Engagement der Autoren und Mitarbeiter hätte dieses Buch nicht in seiner jetzigen Form entstehen können.

Namentlich möchten wir uns bei Herrn Mateo Ureña de Vivanco bedanken, der uns im Rahmen seiner Promotion zugearbeitet hat.

Wir bieten Ihnen eine informative Lektüre und hoffen, dass dieses Buch Ihnen die ganze Faszination des Mediums Wasser eröffnet.

Karl Glas und Marcus Verhülsdonk

Vorwort	5
1 Wasserbedarf in der Ernährungsindustrie (J. Tietze)	14
1.1 Marktbedeutung der Ernährungsindustrie in Deutschland	14
1.1.1 Umsatzzahlen der Ernährungs- und Futtermittelindustrie	15
1.1.2 Anzahl der Betriebe der Ernährungs- und Futtermittelindustrie	15
1.2 Wasserverbrauch in ausgewählten Branchen der Ernährungs- und Futtermittelindustrie	17
1.2.1 Milchindustrie	18
1.2.2 Fleischindustrie	18
1.2.3 Futtermittelindustrie	20
1.2.4 Fischindustrie	21
1.2.5 Getränkeindustrie	23
1.2.6 Zusammenfassung	25
1.3 Aufteilung des Wasserverbrauchs einer Grossbrauerei	26
1.4 Wasser als Position der variablen Kosten in einer mittelständischen Brauerei	26
1.5 Anmerkungen zum verwendeten Daten- und Zahlenmaterial	28
2 Gesetzgebung	30
2.1 Umweltrecht (M. Sonntag)	30
2.1.1 Grundbegriffe	30
2.1.2 Umweltrecht	30
2.1.2.1 Entstehung	30
2.1.2.2 Bereiche des Umweltrechts	31
2.1.2.3 Schutzgegenstände	32
2.1.2.4 Grundprinzipien	33
2.1.3 Rechtsschutz im Umweltrecht	34

2.1.3.1	Rechtsschutz im Verwaltungsverfahren	34
2.1.3.2	Rechtsschutz durch die Verwaltungsgerichte	34
2.1.4	Gewässerschutzrecht	35
2.1.4.1	Rechtsgrundlagen	35
2.1.4.2	Wasserhaushaltsgesetz	36
2.2	Trinkwassergesetzgebung (<i>l. Schmittnägerl</i>)	40
2.2.1	Was ist Trinkwasser?	40
2.2.2	Trinkwasser-Recht	40
2.2.3	Die Trinkwasserverordnung 2001 in der Fassung vom 5. Dezember 2012	41
2.2.4	Mikrobiologische Anforderungen	42
2.2.5	Chemische Anforderungen	45
2.2.6	Weitere Regelungen	47
2.2.7	Fazit	50
2.3	Lebensmittelrecht (<i>l. Schmittnägerl</i>)	52
2.3.1	Einleitung	52
2.3.2	Natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser	52
2.3.2.1	Rückblick auf die rechtliche Entwicklung für natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser	52
2.3.2.2	Mineralwasser	52
2.3.2.3	Quellwasser	58
2.3.2.4	Tafelwasser	58
2.3.2.5	Trinkwasser	60
2.3.2.6	Heilwasser	60
2.3.3	Schlussfolgerungen	60
2.4	Abwasserrecht (<i>A. Ahrens</i>)	64
2.4.1	Nationale Regelungen	64
2.4.1.1	Direkteinleitung	64

2.4.1.2	Indirekteinleitung	65
2.4.2	Begleitende nationale Regelungen	66
2.4.3	Einfluss des EU-Rechts auf das Abwasserrecht	66
2.4.3.1	Abwasser-Richtlinie 91/271/EGW	66
2.4.3.2	Richtlinie 2010/75/EU über Industrieemissionen (Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung)	67
2.4.4	Regelwerke zu Abwasser aus der Getränkeindustrie	67
3	Inhaltsstoffe und Belastungen in Wasser	71
3.1	Organische Stoffe (<i>J. Türk, T. Letzel</i>)	71
3.1.1	Organische Moleküle im Wasser	71
3.1.2	Natürlich vorkommende Moleküle	73
3.1.3	Industriell eingesetzte Chemikalien	74
3.1.4	Landwirtschaftlich eingesetzte Chemikalien	76
3.1.5	Häuslich eingesetzte Chemikalien	77
3.2	Anorganische Stoffe (<i>C. Nörpel</i>)	83
3.2.1	Eisen und Mangan	83
3.2.2	Bor	86
3.2.3	Alkalimetalle	86
3.2.4	Erdalkalimetalle	87
3.2.5	Halogene	88
3.3	Schwermetalle (<i>C. Nörpel</i>)	90
3.3.1	Antimon (Sb)	90
3.3.2	Arsen (As)	90
3.3.3	Blei (Pb)	91
3.3.4	Cadmium (Cd)	91
3.3.5	Quecksilber (Hg)	92
3.4	Radionuklide (<i>C. Nörpel</i>)	92

3.4.1	Uran (U)	92
3.4.2	Radon (Rn)	92
4	Trinkwasseraufbereitung	94
4.1	Physikalische Verfahren (<i>C. McHardy, M. Verhülsdonk</i>)	94
4.1.1	Filtration	94
4.1.1.1	Oberflächenfiltration und Tiefenfiltration	94
4.1.1.2	Druckbetriebene Schnellfilter	94
4.1.1.3	Praktische Grundlagen	95
4.1.1.4	Theoretische Grundlagen	98
4.1.2	Membranverfahren	99
4.1.2.1	Anwendungsbereiche	100
4.1.2.2	Mikro- und Ultrafiltration	101
4.1.2.3	Nanofiltration und Umkehrosmose	102
4.1.2.4	Limitierende Faktoren für den Betrieb	103
4.1.2.5	Kennzahlen	103
4.1.2.6	Scaling/Fouling	104
4.2	Chemische Verfahren (<i>C. Nörpel</i>)	109
4.2.1	Enteisung	109
4.2.2	Entmanganung	111
4.2.3	Entarsenierung	112
4.2.4	Entsäuerung	113
4.2.5	Entsalzung	116
4.2.6	Entgasung	119
4.3	Adsorptive Verfahren (<i>D. Scheu</i>)	122
4.3.1	Ionenaustausch	122
4.3.1.1	Einsatz von Ionenaustauschern	122
4.3.1.2	Aufbau und Funktion eines Ionenaustauschers	123
4.3.1.3	Sanitisierung eines Ionenaustauschers	123

4.3.1.4	Zusammenhang der Ionenzusammensetzung	124
4.3.1.5	Praktisches Beispiel: Auslegung einer Enthärtungsanlage	127
4.3.2	Aktivkohle	129
4.3.2.1	Herstellung	129
4.3.2.2	Adsorption	130
4.3.2.3	Typische Kontaminanten zur Adsorption an Aktivkohle	130
4.3.2.4	Adsorptionsgleichgewicht	131
4.3.2.5	Adsorptionskapazität	132
4.3.2.6	Ablauf der Adsorption im Aktivkohlefestbett	133
4.3.2.7	Aufbau eines Aktivkohlefilters	133
4.3.2.8	Auslegung eines Aktivkohlefilters	134
4.3.2.9	Rückspülung und Reaktivierung von Aktivkohle	134
4.3.2.10	Praktisches Beispiel: Auslegung eines Aktivkohlefilters zur Entchlorung	135
4.4	Pumpentechnologie (<i>M. Keller</i>)	137
4.4.1	Allgemeines	13
4.4.2	Geschichtliches	137
4.4.3	Einteilung der Pumpen	137
4.4.4	Pumpenkennlinien	139
4.4.5	Anlagenkennlinie	141
4.4.6	Auswahl der richtigen Pumpe	143
4.4.7	Pumpenantrieb und Drehzahlregelung	143
4.4.8	Gesamtwirkungsgrad	146
5	Desinfektion (<i>H. Evers, U. Behmel, M. Becker</i>)	147
5.1	Chemische Desinfektion	150
5.1.1	Ozon	152
5.1.1.1	Konventionelle Ozonierung	154
5.1.1.2	Neue Verfahren der Ozonierung	155
5.1.1.3	Unerwünschte Nebenprodukte	156
5.1.2	Chlor	157

5.1.2.1	Wirkungsweise von Aktivchlorprodukten	157
5.1.2.2	Natrium-Hypochlorit	158
5.1.2.3	Annolyte®	158
5.1.2.4	IMECA®-Verfahren als Beispiel	159
5.1.2.5	Keimreduktion und D-Werte	161
5.1.2.6	Einfluss der Temperatur (z-Wert)	162
5.1.3	Chlordioxid	162
5.1.3.1	Eigenschaften von ClO ₂ als Desinfektionsmittel	162
5.1.3.2	Rektion mit anorganischen und organischen Wasserinhaltsstoffen	163
5.1.3.3	Konzentrationen	16
5.1.3.4	Einsatzgebiete	164
5.1.3.5	Anwendung von Chlordioxid in sehr weichen Wässern	164
5.1.3.6	Die Ausführung von Chlordioxid-Anlagen	165
5.1.3.7	Chlorit-Chlor-Verfahren	165
5.1.3.8	Chlorit-Salzsäure-Verfahren	166
5.1.3.9	Chlorit-Peroxodisulfat-Verfahren	167
5.1.3.10	Analytik	167
5.2	Chemisch-Physikalische Verfahren	167
5.2.1	Thermische Verfahren	168
5.2.2	Mechanische Verfahren	168
5.2.3	Desinfektion mit UV	169
5.2.3.1	Die Erzeugung von UV-Strahlung	170
5.2.3.2	Einflüsse auf die Desinfektion mit UV	171
5.2.3.3	Ausführung einer UV-Anlage	172
5.2.3.4	Auslegung einer UV-Desinfektionsanlage	173
5.2.3.5	Anwendungen	173
5.3	Reinigung und Desinfektion	177
5.3.1	Wirkstoffe	177
5.3.2	Praxisbeispiele von Reinigungsprozessen	178
5.3.2.1	Oberflächendesinfektion mit Ozon	178

5.3.3	Korrosionseinfluss durch Desinfektionsmittelreste im Haftwasser	179
5.3.4	Einfluss von oxidierenden Desinfektionsmitteln auf Getränke	180
5.3.4.1	Chlor	180
5.3.4.2	Ozon und Chlordioxid	181
5.3.4.3	ClO ₂ in Brauwasser und Verdünnungswasser	181
5.3.4.4	Einfluss von Oxidantien auf Zitronenaroma	182
5.3.4.5	Peressigsäure, H ₂ O ₂	182
6	Probleme und Maßnahmen	185
6.1	Biofilme – Eigenschaften, Detektion und Visualisierung <i>(M. Wagner, H. Horn)</i>	185
6.1.1	Was sind Biofilme?	185
6.1.2	Biofilme „sichtbar“ machen	188
6.1.2.1	Online Messung der Biofilm-Dicke mittels DEPOSENS® Biofilm-Sensor	188
6.1.2.2	Vorstellung des Probenahmeports DEPOTRAP	190
6.1.2.3	Offline Analyse der Biofilm-Struktur	191
6.1.3	Fazit	195
6.2	Rohrleitungsdesign <i>(J. Hofmann)</i>	198
6.2.1	Werkstoffe	198
6.2.2	Oberflächen	198
6.2.3	Fertigung von Rohren	200
6.2.4	Schweißen von Rohrleitungen	201
6.2.5	Rohrleitungsplanung	202
6.2.6	Kennzeichnung von Rohrleitungen	205
6.2.7	Reinigung	205
6.2.7	Ausblick für die Praxis	206
6.2.8	Fazit	206
7	Abwasserbehandlung in der Getränkeindustrie <i>(B. Helmreich)</i>	208
7.1	Physikalisch-chemische Verfahren	208
7.1.1	Rechen und Siebe	208
7.1.2	Sedimentation	208

7.1.3	Flotation	209
7.1.4	Neutralisation	209
7.1.5	Misch- und Ausgleichsbecken	210
7.1.6	Fällung und Flockung	211
7.2	Biologische Verfahren	211
7.2.1	Allgemeines	211
7.2.2	Aerobe Verfahren	212
7.2.2.1	Grundlagen	212
7.2.2.2	Anlagen mit suspendierter Biomasse (Belebungsverfahren)	213
7.2.2.3	Aerobe Verfahren mit sessiler Biomasse	216
7.2.3	Anaerobe Abwasserreinigung	219
7.2.3.1	Grundlagen	219
7.2.3.2	Verfahren ohne Biomasseanreicherung	220
7.2.3.3	Verfahren mit Biomasseanreicherung	221
7.2.3.4	Abluft- und Biogasbehandlung	225
7.2.3.5	Verwertung von Biogas	225
7.2.3.6	Vergleich aerobe und anaerobe Verfahren	226
7.2.4	Kombinierte Verfahren	227
8	Wasserkreisläufe und Wasserfußabdruck (K. Glas, T. Buscham)	230
8.1	Brauchwassergewinnung	230
8.1.1	Einleitung	230
8.1.2	Aufbereitung des Abwassers	230
8.1.3	Anlagenwirtschaftlichkeit	231
8.2	Wasserfußabdruck	233
8.2.1	Grundlagen des Wasserfußabdrucks	233
8.2.2	Der Wasserfußabdruck am Beispiel der Bierproduktion	234
8.2.3	Ausblick für den Wasserfußabdruck in der Brau- und Getränkebranche	238

1 Wasserbedarf in der Ernährungsindustrie

1.1 MARKTBEDEUTUNG DER ERNÄHRUNGSINDUSTRIE IN DEUTSCHLAND

Die Ressource Wasser gewinnt in der deutschen Getränkeindustrie nicht zuletzt aufgrund des fortschreitenden Klimawandels immer mehr an Bedeutung. Deshalb wird der „H₂O-Footprint“ künftig neben dem „CO₂-Footprint“ zum wesentlichen Kriterium für nachhaltiges Wirtschaften in der Lebensmittelproduktion. Folglich müssen effiziente Einsparpotenziale identifiziert und Strategien für ein neues Wassermanagement entwickelt werden. Einsparpotenziale beim Wasserverbrauch sind nicht nur interessant, weil sie die Wirtschaftlichkeit industrieller Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse verbessern, sondern auch, weil sie die Ressourcenschonung vorantreiben.

Um diese Potenziale zu identifizieren, müssen zunächst folgende Fragen geklärt werden: Wie hoch ist der derzeitige Wasserverbrauch in der Getränkeindustrie? Und wie verhält sich dieser im Vergleich zu anderen Industriezweigen der Ernährungsbranche? In diesem Kapitel soll deshalb eine Schätzung des Wasserbedarfs wichtiger Wirtschaftszweige der Ernährungs- und Futtermittelindustrie erfolgen.

Die Ernährungsindustrie ist ein der Landwirtschaft nachgelagerter Wirtschaftszweig, in dem ein wesentlicher Teil der erzeugten Agrarprodukte für die menschliche Ernährung verarbeitet wird. Sie gehört zu den bedeutendsten Industriezweigen Deutschlands und hat im Jahr 2009 über 130 Mrd. Euro erwirtschaftet, bei einem durchschnittlichen jährlichen Gesamtumsatz von fast 1,4 Billionen Euro in der verarbeitenden Industrie¹ [1,2]. Wie Abbildung 1.1 zeigt, belegt sie damit hinter dem Fahrzeug- und Maschinenbau den dritten Platz. Besonders mittelständisch geprägte Unternehmen mit 20 bis 249 Angestellten sind für das verarbeitende Gewerbe in Deutschland von Bedeutung. Kleinere Unternehmen mit weniger als 20 Beschäftigten pro Betrieb gehören meist dem Ernährungshandwerk an und werden in Statistiken der Ernährungsindustrie häufig nicht erfasst.

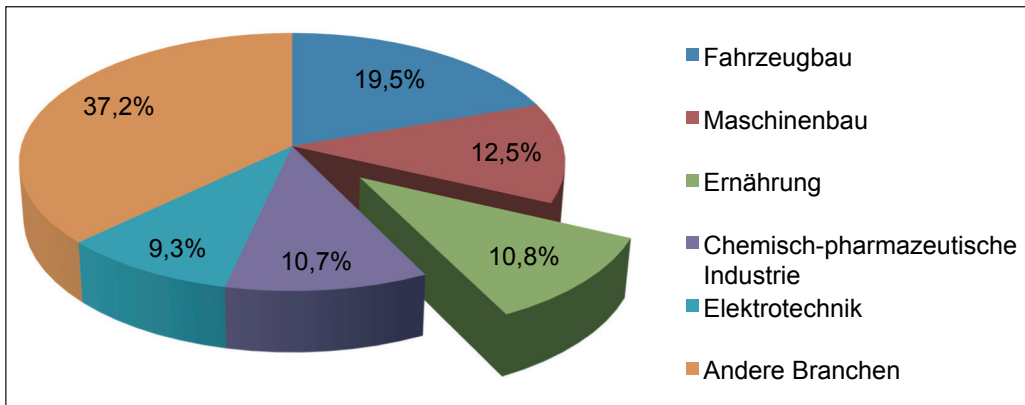


Abb. 1.1: Die deutsche Industrie nach Wirtschaftszweigen im Jahr 2009 – Anteile der Branchen am Gesamtumsatz des verarbeitenden Gewerbes. Die Ernährungsindustrie belegt mit 10,8 % den dritten Platz [2].

¹Die verarbeitende Industrie, in der amtlichen Statistik auch als verarbeitendes Gewerbe bezeichnet, definiert sich als Industrie, die Güter und Waren in Fabriken und Anlagen produziert und verarbeitet. Sie zeichnet sich durch einen hohen Grad an Automatisierung und Mechanisierung aus [3].

Um die Bedeutung der Getränkeindustrie innerhalb der Ernährungs- und Futtermittelindustrie herauszustellen, wird die Marktbedeutung der einzelnen Wirtschaftszweige nachfolgend auf Basis ihres Jahresumsatzes und nach Anzahl der Betriebe dargestellt.

1.1.1 Umsatzzahlen der Ernährungs- und Futtermittelindustrie

Eine Betrachtung der wichtigsten Branchen innerhalb der Ernährungs- und Futtermittelindustrie zeigt Abbildung 1.2 mit Blick auf deren Umsatzvolumina. Dargestellt sind die 8 wichtigsten Industriezweige des produzierenden Ernährungsgewerbes. Die Getränkeindustrie ist dabei die zweitgrößte Branche. Abbildung 1.2 berücksichtigt für die Fleischindustrie nur den Umsatzanteil der Fleisch verarbeitenden Industrie (ohne Schlachtung), da unter 1.2.2 (S. 18) ausschließlich der Wasserbedarf der nachgelagerten Fleischverarbeitung (ohne Schlachtung) betrachtet wird. Unter Berücksichtigung der Umsatzanteile der Schlachtindustrie stünde die Fleischindustrie mit einem Gesamtumsatz von 30 Mrd. Euro noch vor der Milchindustrie an erster Stelle. Dann folge die Getränkeindustrie auf Platz drei.

Laut Tabelle 1.1 erwirtschafteten die 8 größten Wirtschaftszweige (siehe Abbildung 1.2) in 2009 knapp 70 % des Gesamtumsatzes von 133 Mrd. Euro. Weiterhin untergliedert die Tabelle die Getränkeindustrie in ihre wichtigsten Klassen hinsichtlich der Bedeutung des Wassers als Produkt- und Prozesswasser bei Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln. Dabei spielen hauptsächlich Industrien eine Rolle, die sich sowohl durch einen relativ hohen Wasserverbrauch als auch durch einen wesentlichen Beitrag zum Gesamtumsatz auszeichnen. Die Spirituosen- und Weinindustrie spielt folglich eine eher untergeordnete Rolle.

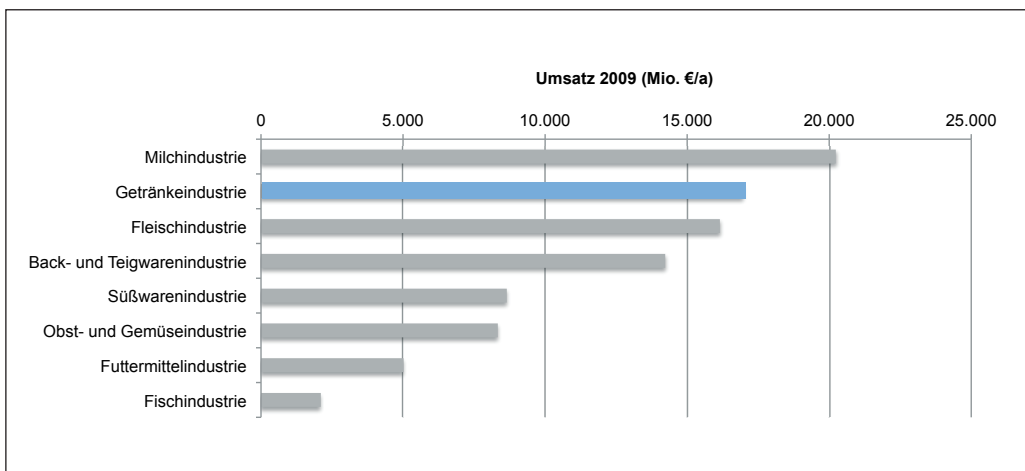


Abb. 1.2: Wichtige deutsche Wirtschaftszweige der Ernährungs- und Futtermittelindustrie sortiert nach Umsatzzahlen 2009 gemäß Tabelle 1.1 [3]

1.1.2 Anzahl der Betriebe der Ernährungs- und Futtermittelindustrie

Ein anderes Branchenbild zeigt die Einordnung nach Anzahl der Betriebe in Abbildung 1.3. Demnach setzt sich die Back- und Teigwarenindustrie aus einer Vielzahl von Betrieben zusammen und stellt so die Branche mit der größten Anzahl an Betrieben dar. Dabei wurden beispielsweise Kleinbäckereien nicht erfasst. Generell ist die Interpretation der Zahlen nicht einfach, da die amtliche Statistik meist nur Betriebe mit mehr als 20 oder 50 Beschäftigten aufführt.

Wirtschaftszweig	Umsatz ¹ (Mio. €/a)	Umsatz (Mio. €/a)	Umsatzanteil
Milchindustrie ² (Molkereien)	20.232,9		15,3 %
Getränkeindustrie – Brauindustrie ³ – Mineralbrunnenindustrie ³ – Fruchtsaftindustrie ³ – Spirituosenindustrie – Weinindustrie ⁴	16.955,2	7.855,0 3.003,3 3.907,6 1.632,2 1.688,5	12,8 %
Fleischindustrie ⁵	16.151,6		12,2 %
Back- und Teigwarenindustrie	14.228,1		10,7 %
Süßwarenindustrie ⁶	8.651,9		6,5 %
Obst- und Gemüseindustrie	8.336,1		6,3 %
Futtermittelindustrie	5.016,7		3,8 %
Fischindustrie ⁷	2.106,2		1,6 %
Gesamt	91.678,7		69,2 %
Sonstige Ernährungsgewerbe ⁸	40.860,1		30,8 %
Produzierendes Ernährungsgewerbe	132.538,8		100,0 %

¹Betriebe von Unternehmen mit 20 und mehr Beschäftigten

²Inkl. Herstellung von Speiseeis

³Angaben gemäß Branchenverbänden [6-8]

⁴Inkl. Herstellung von Trauben-, Apfel- (u. a. Fruchtw Wein) und Wermutwein sowie sonstigen aromatisierten Weinen

⁵Ausschließlich Fleischverarbeitung ohne Schlachtung

⁶Ohne Herstellung von Speiseeis

⁷Verarbeitung von Fisch und Fischwaren zum menschlichen Verzehr

⁸U. a. Öl- und Fettindustrie, Mahl- und Schäl mühlenindustrie, Stärkeindustrie, Schlachthöfe, Kaffee- und Teeindustrie, Zuckerindustrie, Würzen- und Soßenindustrie

Tab. 1.1: Umsatzzahlen des produzierenden Ernährungs- und Futtermittelgewerbes 2009 [3,6,7,8]

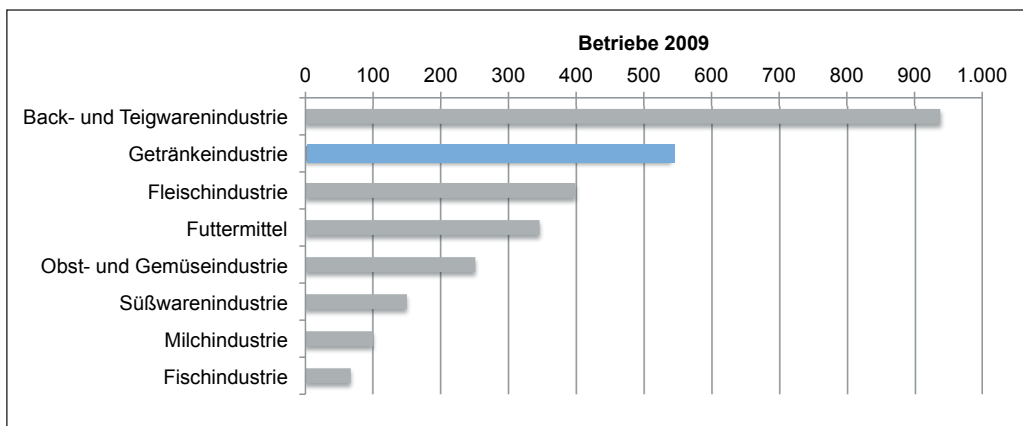


Abb. 1.3: Wichtige deutsche Wirtschaftszweige der Ernährungs- und Futtermittelindustrie sortiert nach Anzahl der Betriebe im Jahr 2009 (Angaben gemäß Tabelle 1.2)

Um der überwiegend mittelständisch und handwerklich geprägten Branchenlandschaft Rechnung zu tragen, berücksichtigt Abbildung 1.3 neben den Zahlen des Statistischen Bundesamtes [3-5] auch die Erhebungen durch die Branchenverbände. In manchen Fällen sind Überschneidungen bzw. Doppelnennungen möglich, beispielsweise in der Getränkebranche. Eine detaillierte Betrachtung der Getränkeindustrie erlaubt Tabelle 1.2. Hier stellt die Brauindustrie mit 1.331 betriebenen Braustätten in 2009 die größte Anzahl der Betriebe innerhalb der deutschen Getränkeindustrie dar. Kleinbetriebe der Wein- und Spirituosenindustrie sind allerdings nicht berücksichtigt.

Wirtschaftszweig	Betriebe	Betriebe	Anteil
Milchindustrie ¹ (Molkereien)	99		2,4 %
Getränkeindustrie ²	540		13,1 %
– Brauindustrie ¹		1.331	
– Mineralbrunnenindustrie ¹		209	
– Fruchtsaftindustrie ¹		187	
– Spirituosenindustrie ¹		40	
– Weinindustrie ³		32	
Fleischindustrie ¹	383		9,3 %
Back- und Teigwarenindustrie ³	938		22,8 %
Süßwarenindustrie ³	150		3,6 %
Obst- und Gemüseindustrie ³	251		6,1 %
Futtermittelindustrie ¹	346		8,4 %
Fischindustrie ¹	65		1,6 %
Gesamt	2.772		67,3 %
Sonstige Ernährungsgewerbe ³	1.349		32,7 %
Produzierendes Ernährungsgewerbe	4.121		100,0 %

¹Angaben gemäß Branchenverbänden [6-12]

²Betriebe >100.000 hl Bierausstoß pro Jahr

³Betriebe von Unternehmen mit 20 und mehr Beschäftigten

Tab. 1.2: Anzahl der Betriebe des produzierenden Ernährungs- und Futtermittelgewerbes im Jahr 2009 [3]

1.2 WASSERVERBRAUCH IN AUSGEWÄHLTEN BRANCHEN DER ERNÄHRUNGS- UND FUTTERMITTELINDUSTRIE

Nach Darstellung der wichtigsten Wirtschaftszweige des produzierenden Ernährungs- und Futtermittelgewerbes hinsichtlich Umsatz und Betriebszahlen, erfolgt in diesem Kapitel ein allgemeiner Überblick über deren Wasserverbrauch. Dabei werden jedoch nicht alle 8 Industrien aus Abbildung 1.2 und 1.3 berücksichtigt. Die Back- und Teigwarenindustrie, Obst- und Gemüseindustrie sowie die Süßwarenindustrie sind zwar wesentliche Wirtschaftsfaktoren in Deutschland, zeichnen sich aber durch einen geringen Wasserverbrauch aus. Sie werden daher nicht weiter betrachtet. Einzig die Futtermittelindustrie wird als Beispiel eines Wassergeringverbrauchers stellvertretend diskutiert.

1.2.1 Milchindustrie

In den Ställen der deutschen Milcherzeuger werden jährlich knapp 30 Mio. t Milch produziert. Nach Abholung von den Höfen wird die Rohmilch durch Milchverarbeitungsbetriebe (Molkereien) zu Milch und Milchprodukten weiterverarbeitet. Die entsprechenden Daten sind in Tabelle 1.3 aufgeführt. Der zur Milchverarbeitung anfallende Wasserverbrauch hängt stark von der Art der produzierten Milchprodukte des jeweiligen Betriebs ab, z. B. Konsummilch, Quark/Frischkäse, Butter, Käse oder Trockenprodukte. Insbesondere bei der Frischprodukte- und Käseherstellung fallen hohe Wassermengen an.

Auf Basis von 100 Betriebsstätten wurden der Frischwasserverbrauch und der Abwasseranfall im Durchschnitt berechnet. Bei einer Milchverarbeitungsmenge von 216.000 t Rohmilch pro Jahr und Betrieb ergibt sich ein Frischwasserverbrauch von etwa 2,1 l pro Liter Rohmilch. Das Abwasser-Milch-Verhältnis hingegen liegt bei 1,5. Hinsichtlich des gesamten verarbeitenden Rohmilchvolumens deutscher Molkereien pro Jahr ergibt sich somit ein durchschnittlicher Frischwasserverbrauch von knapp 60 Mio. m³. Der Abwasseranfall beträgt gleichzeitig etwa 43 Mio. m³/a. Umgerechnet auf die 230 Produktionsstandorte fallen im Durchschnitt also fast 260.000 m³ Wasser pro Jahr und Betriebsstätte an.

	Daten 2009
Milchverarbeitungsbetriebe/Unternehmen (Molkereien und Molkereiverbände)	99
Betriebsstätten/Produktionsstandorte (der Milchverarbeitungsbetriebe)	230
	Mengen (t/a)
Kuhmilcherzeugung (Rohmilch)	29.200.000
Eigenverbrauch	2.072.300
Import Rohmilch	27.127.700
	1.485.300
Milchanlieferung an deutsche Molkereien	28.613.000
	Mengen (m ³ /a)
Rohmilchvolumen deutscher Molkereien ¹	27.698.935
Frischwasserverbrauch	59.275.721
Abwasseranfall	42.933.349

¹Umrechnung anhand der Dichte. Die Dichte von Rohmilch liegt bei 20 °C in der Regel zwischen 1,026 und 1,033 g/cm³ [14]

Tab. 1.3: Zahlen und Daten der deutschen Milchindustrie 2009 (eigene Berechnungen) [9, 13]

1.2.2 Fleischindustrie

Nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Fleischwarenindustrie e. V. belief sich die inländische Nettofleischerzeugung² in 2009 auf insgesamt 8,4 Mio. t in 383 Betrieben [10]. Tabelle 1.4 schlüsselt die verarbeiteten Mengen nach Fleischart auf. Im Mittel entfielen etwa 22.000 t Fleisch auf jeden Betrieb.

²Einschl. Abschnittsfetten

	Produktionsmenge (t/a)
Rind- und Kalbfleisch	1.193.200
Schweinefleisch	5.276.800
Schaf- und Ziegenfleisch	38.400
Pferdefleisch	2.500
Innereien	490.900
Geflügelfleisch	1.315.200
Sonstiges Fleisch	85.000
Fleischverarbeitung insgesamt	8.402.000

Tab. 1.4: Inländische Fleischerzeugung (Nettofleischerzeugung) einschl. Abschnittsfetten in 2009 [10]

Fleisch wird zu rund 60 % als Frischfleisch verzehrt. Knapp 40 % werden zu Fleischwaren verarbeitet, wie Wurstwaren und sonstige Fleischerzeugnisse (Fleisch-, Wurst-, Misch- und Geflügelkonserven). Die Schlacht- und Fleischverarbeitungsbetriebe lassen sich unterteilen in:

- Schlachthöfe
- Fleisch verarbeitende Industriebetriebe
- Fleischereien
- Fleischzerlegungsbetriebe
- Geflügelschlachtereien

Die Produktionsverfahren in den einzelnen Produktionsbereichen stimmen im Wesentlichen überein. Hierbei handelt es sich konkret um:

- Schlachten
- Bearbeiten des Fleisches (Fleischzerlegung, Bratfertigmachen von Geflügel usw.)
- Verarbeiten des Fleisches (Wurstherstellung usw.)

Aufgrund der großen Unterschiede im Wasserverbrauch, beispielsweise zwischen Roh- und Kochwurst, wird sowohl mit einer minimalen als auch einer maximalen Einschätzung des durchschnittlichen Wasserverbrauchs gerechnet. Tabelle 1.5 zeigt die spezifischen Wasserverbräuche pro Fertig- oder Rohware an. Im Mittel beläuft sich der gesamte Wasserverbrauch für die

	Min.	Max.	Ø
Anzahl Fleischverarbeitungsbetriebe			383
Verarbeitetes Fleisch (t/a)			8.402.000
Verarbeitetes Fleisch pro Betrieb (t/a)			21.937
Spez. Wasserverbrauch pro Fertigware/Rohware (m ³ /t)	4	10	7
Wasserbedarf pro Betrieb (m ³ /a)	87.749	219.373	153.561
Wasserbedarf insgesamt (m³/a)	33.608.000	84.020.000	58.814.000

Tab. 1.5: Spezifischer Wasserverbrauch in der Fleischindustrie bezogen auf 2009 (eigene Berechnungen) [15]

Fleisch verarbeitende Industrie auf knapp 60 Mio. m³. Die Ergebnisse sind folglich ähnlich der Milchindustrie.

1.2.3 Futtermittelindustrie

Ebenfalls zur Ernährungsindustrie zählt die Futtermittelindustrie. Im Wirtschaftsjahr 2008/09 waren deutschlandweit 330 Futtermittelhersteller über die Meldepflicht erfasst [11]. Diese Zahl umfasst Mischfuttermittelhersteller, die im Rahmen der Produktionsstatistik mit mehr als 5.000 t Jahresproduktion meldepflichtig waren. Tabelle 1.6 zeigt die Verteilung der Futtermittelhersteller nach ihrem Ausstoß an Mischfutter.

Tabelle 1.7 zeigt, dass die Gesamtproduktion in 2008/09 bei 21,1 Mio. t Mischfutter lag. Bezogen auf die Gesamtzahl von Herstellern lag die durchschnittliche Größe bei 63.945 t/Betrieb und Jahr.

Tab. 1.6: Anzahl der Betriebe von Mischfuttermittelherstellern, insgesamt und nach Ausstoß an Mischfutter für das Wirtschaftsjahr 2008/09 [11]

Betriebe nach Mischfutterherstellung (t)	Anzahl der Betriebe
500 bis <10.000	119
10.000 bis <50.000	100
50.000 bis <100.000	41
100.000 bis <200.000	39
200.000 bis <300.000	19
300.000 und mehr	12
Insgesamt	330

Tab. 1.7: Herstellung von Mischfutter in 1.000 t/a für das Wirtschaftsjahr 2008/09 [11]

Betriebe nach Mischfutterherstellung (t)	Mischfuttermenge (1.000 t/a)
500 bis 10.000	447,0
10.000 bis 50.000	2.441,7
50.000 bis 100.000	3.069,9
100.000 bis 200.000	5.675,0
200.000 bis 300.000	4.674,1
300.000 und mehr	4.794,1
Insgesamt	21.101,8

Der Wasserverbrauch während der Mischfutterherstellung kann bei etwa 10 l/t angesetzt werden. Dabei muss allerdings der Aufwand von knapp 8 l als Satttdampf für die Pelletherstellung berücksichtigt werden. Hier wird Wasser auf eine Temperatur von etwa 100 °C erhitzt. Aufgrund des hohen thermischen Eintrags wäre eine Trink- bzw. Frischwasserqualität dafür nicht unbedingt notwendig. Hinsichtlich einer Abschätzung des Wasserverbrauchs kann aber durchaus mit 10 l kalkuliert werden. Der jährliche Wasserbedarf fällt bei einer durchschnittlichen Verarbeitungsmenge von etwa 64.000 t ohnehin deutlich niedriger aus, als in anderen diskutierten Industriebranchen.

Bezogen auf die jährlich verarbeitete Mischfuttermenge und einen spezifischen Wasserverbrauch von 0,01 m³/t benötigt die Futtermittelproduktion insgesamt 211.019 m³/Jahr. Ein durchschnittlicher Futtermittelbetrieb verbraucht also etwa 640 l Wasser. Die Futtermittelindustrie ist deshalb ein Beispiel für einen Wassergeringverbraucher.

1.2.4 Fischindustrie

Die Gesamtversorgung des deutschen Marktes mit Fisch³ wird überwiegend durch Importe sichergestellt. So betragen die Anlandungen deutscher Fischer und die Produktion deutscher Binnenfischer in 2008 nur etwa 13 % des Gesamtaufkommens von 2,3 Mio. t Fisch (Fanggewicht). In 2009 waren es etwa 2,1 Mio. t und 13 % des Gesamtaufkommens [12]. Auf dem Binnenmarkt wird also mehr Fisch verarbeitet als gefangen. Deutschland ist somit eher ein Fischverarbeitungs- als ein Fischereiland.

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes [3-5] betrug die inländische Gesamtproduktion an Fischerzeugnissen (berechnet als Filetgewicht) im Jahr 2008 insgesamt 500.010 t (2009: 478.453 t). Bezogen auf das Fanggewicht entspricht dies einem Filetgewichtsäquivalent von etwa 2,5 (kg Fanggewicht/kg Filetgewicht; 2009: 2,7) [12]. Tabelle 1.8 stellt entsprechend die Gesamtversorgung als Fanggewicht sowie die Gesamtproduktion von Fischereierzeugnissen in Filetgewicht für 2008 dar.

	Fanggewicht (t/a)	Fisch (Filetgewicht; t/a)
Eigenanlandungen/Produktion	305.700	120.111
+ Einfuhr	2.020.100	793.706
– Ausfuhr	1.050.200	412.628
– sonst. Verwertung (z. B. Futter)	3.000	1.179
Gesamtaufkommen an Fisch und Fischereierzeugnissen – davon in Deutschland verarbeitete Mengen	1.272.600	500.010

Tab. 1.8: Gesamtversorgung in 2008 an Fisch in Fanggewicht und als berechnetes Filetgewicht-äquivalent sowie die deutsche Gesamtproduktion von Fischerzeugnissen, die zum menschlichen Verzehr bestimmt sind [12]

Tabelle 1.9 schlüsselt die in 2008 verarbeiteten Fischmengen nach ausgewählten Fischereierzeugnissen auf, die ausschließlich zum menschlichen Verzehr bestimmt sind.

Seefisch wird nach dem Fang in der Regel bereits an Bord geschlachtet und entweder direkt verarbeitet und tiefgefroren oder auf dem Rohwarenmarkt als Frischfisch an Industrie und Handel abgesetzt. Für die Weiterverarbeitung benötigt die Fischindustrie eine hohe Menge Wasser. Dies beginnt mit dem Waschen der Rohware oder dem Auftauen der Frostware und reicht über das Filetieren bis hin zur Marinadenherstellung, der Räucherei oder der Fischkonservenherstellung. Da der Wasserverbrauch sowohl von der Fischart als auch von deren Weiterverarbeitung abhängt, spielen vor allem die wesentlichen Produktionsverfahren eine Rolle zur Schätzung des Wasserbedarfs. Aufgrund der heterogenen Branchenstruktur können lediglich 91 % der gesamten Fischindustrie sinnvoll eingeschätzt werden.

³Inkl. Meeresfrüchte

	Produktionsmenge (t/a)
Tiefgefrorene Fischerzeugnisse ¹	251.515
Zubereitete Fische und Fischerzeugnisse ²	178.829
Fischsalate	25.672
Räucherwaren	15.120
Zubereitete Krebs- und Weichtiere	9.750
Frischfischverarbeitung ³	7.906
Sonstiges	11.218
Gesamtproduktion	500.010

¹Gefrorene See- und Süßwasserfische, panierte und unpanierte Fischfilets, panierte Fischerzeugnisse

²Einschließlich anderer tiefgefrorener Fischerzeugnisse

³Für das Jahr 2008 wurden keine Angaben vom Statistischen Bundesamt veröffentlicht, sodass der vorläufige Wert von 2009 genommen wurde

Tab. 1.9: Deutschlandweite Produktion ausgewählter Fischereierzeugnisse in 2008 [12]

Daher scheint zunächst die Einteilung der wesentlichen Produktionsverfahren in 3 Hauptgruppen geeignet:

- Verarbeitung von Frischfisch
- Verarbeitung von tiefgefrorenem Fisch
- Fischräucherei

Für die Fischverarbeitung von der Rohware zum Filet wird eine Wassermenge von etwa 8 m³/t Rohware (Fanggewicht) benötigt. Davon entfallen etwa 0,5 m³ Wasser/t auf Filetiermaschine und Enthäutungsmaschine. Der Wasserverbrauch in der Räucherei beträgt etwa 8 m³/t Fertigware (Filetgewicht). Unter Berücksichtigung des Wasserverbrauchs in der Auftauhalle fallen zwischen 2 und 15 m³ Wasser/t Tiefkühlfisch an [15].

Tabelle 1.10 zeigt, dass der spezifische Wasserverbrauch und damit der Gesamtwasserbedarf je nach Produktionsverfahren pro Jahr recht unterschiedlich ausfallen kann.

	Verarbeitung von Frischfisch	Verarbeitung von tiefgefrorenem Fisch	Räucherei	Gesamt
Fertigware (Filetgewicht, t/a)	7.906	430.344	15.120	453.370
Umrechnungsfaktoren (Fanggewicht/Filetgewicht)	2,5451	2,5451	2,5451	–
Rohware (t/a)	20.122	1.095.269	38.482	1.153.872
Spez. Wasserverbrauch pro Rohware (m ³ /t)	8	–	–	–
Spez. Wasserverbrauch pro Fertigware (m ³ /t)	–	8,5	8,0	–
Wasserbedarf pro Jahr (m³/a)	160.972	3.657.924	120.960	3.939.856

Tab. 1.10: Kalkulierter Wasserbedarf für 91 % der deutschlandweiten Produktion von Fischereierzeugnissen in 2008 (eigene Berechnungen) [12, 15]

Insgesamt haben die Produktionsbetriebe der Fisch verarbeitenden Industrie im Jahr 2008 fast 4 Mio. m³ Wasser verbraucht. Umgerechnet auf die 65 Produktionsbetriebe mit mehr als 20 Beschäftigten (2009: 62) [12] fallen durchschnittlich etwa 61.000 m³ Wasser pro Jahr und Betrieb an.

1.2.5 Getränkeindustrie

Die Getränkeherstellung untergliedert sich nach Statistischem Bundesamt [3] für das produzierende Ernährungsgewerbe in 7 Untergruppen:

- Hersteller von Spirituosen
- Hersteller von Traubenwein
- Hersteller von Apfelwein (u. a. Fruchtweinen)
- Hersteller von Wermutwein und sonstigen aromatisierten Weinen
- Hersteller von Bier
- Hersteller von Malz
- Hersteller von Mineralwasser/Erfrischungsgetränken

Diese Einteilung wird im Folgenden jedoch nicht weiterverwendet, da die Brau-, Mineralbrunnen- und Fruchtsaftindustrie zusammen bereits über 80 % des gesamten Getränkeindustriumsatzes erzielen (siehe Tabelle 1.1, S. 16). Die Marktdaten der 3 Industriezweige werden jährlich über die einschlägigen Verbände bekannt gegeben. Die Umsatz- und Absatzzahlen innerhalb eines Unternehmens können dabei aufgrund des Produktsortiments (z. B. Herstellung von Bier und Mineralwasser) in mehreren Statistiken abgebildet sein.

Brauindustrie

Die Braubranche stellt den größten Industriezweig innerhalb der Getränkeherstellung dar. Im Jahr 2009 waren 1.331 Braustätten in Betrieb [6]. Zur Beurteilung des Wasserbedarfs ist zunächst eine Einteilung in 3 Größenklassen nach Gesamtjahreserzeugung erforderlich, da der Wasserverbrauchsfaktor von Betriebsgröße bzw. Herstellungsmenge abhängig ist. Tabelle 1.11 stellt die Anzahl der Betriebe und den Gesamtausstoß für die jeweilige Größenklasse dar.

Abhängig von der Größenklasse einer einzelnen Brauerei liegt der Wasserverbrauchsfaktor zwischen 4,0 und 5,5 hl Frischwasser/hl verkaufsfertigem Bier. Diese Faktoren sind mit anderen publizierten Praxiswerten von 3,9 bis 6,3 hl/hl vergleichbar [17].

In Tabelle 1.12 sind die Gesamtwassermengen in Abhängigkeit von der Anzahl der deutschlandweiten Braustätten für die einzelnen Größenklassen aufsummiert.

Insgesamt werden in der deutschen Brauindustrie jährlich etwa 44 Millionen m³ Frischwasser benötigt. Der spezifische Wasserverbrauchsfaktor liegt im Mittel bei 4,5 hl/hl.

Größenklassifizierung nach Gesamtjahresausstoß	Anzahl Betriebe	Bierausstoß (1.000 hl/a)
Bis 100.000 hl	1.213	19.436
Ab 100.000 bis 500.000 hl	76	17.194
Ab 500.000 hl	42	61.448
Brauereien gesamt	1.331	98.078

Tab. 1.11: Anzahl der Betriebe und jährlicher Bierausstoß nach Größenklassifizierung [6, 16]

Größenklasse (Bierausstoß)			
	bis 100.000 hl	ab 100.000 bis 500.000 hl	ab 500.000 hl
Wasserverbrauchsfaktor (hl/hl)	5,5	5,0	4,0
Bierausstoß (1.000 hl/a)	19.436	17.194	61.448
Wasserverbrauch (1.000 hl/a)	106.898	85.970	245.792
Wasserverbrauch gesamt (1.000 hl/a)	438.660		

Tab. 1.12: Wasserverbrauch deutscher Brauereien (eigene Berechnungen)

Mineralbrunnenindustrie

Die nächste Gruppe der Getränkehersteller bilden die Mineralbrunnen. Nach Angaben des Verbandes Deutscher Mineralbrunnen e. V. wurden 2009 insgesamt 136,4 Mio. hl Mineral- und Heilwasser sowie Mineralbrunnen-Erfrischungsgetränke von insgesamt 209 Betrieben produziert [7].

Der Wasserverbrauchsfaktor bei Mineralbrunnen ist nahezu unabhängig von der Betriebsgröße und liegt bei 2,5 l Frischwasser/l Getränk. Die Herstellung von Quell- und Tafelwasser wird in die Betrachtung einbezogen aufgrund einer vergleichbaren Herstellungsweise und des daraus resultierenden identischen Wasserverbrauchsfaktors.

In Tabelle 1.13 sind die Absatzvolumina nach Wassersorten und der daraus berechnete Wasserverbrauch für die Mineralbrunnenindustrie (zzgl. Herstellung von Quell- und Tafelwasser) dargestellt. Demnach liegt der Frischwasserverbrauch der Mineralbrunnenindustrie bei reichlich 34 Mio. m³/Jahr.

Wassersorten	Absatz (1.000 hl/a)
Mineralwasser mit CO ₂	43.892
Mineralwasser mit wenig CO ₂	41.247
Mineralwasser ohne CO ₂	9.703
Mineralwasser mit Aroma	1.696
Heilwasser	1.046
Quell- und Tafelwasser	5.000
Mineralbrunnen-Erfrischungsgetränke	33.801
Gesamt	136.385
Wasserverbrauchsfaktor (hl/hl)	2,5
Wasserverbrauch (1.000 hl/a)	340.962,5

Tab. 1.13: Jährlicher Wasserverbrauch der Mineralbrunnenindustrie in 2009 (zzgl. Herstellung von Quell- und Tafelwasser) [7, 18]

Fruchtsaftindustrie

Eine weitere bedeutende Sparte in der Getränkeindustrie sind die Fruchtsafthersteller. Aufgrund der Datenlage und der Tatsache, dass sich die Produktspektren der Mineralbrunnen- und der Fruchtsaftindustrie überschneiden, wird die Industriegröße aus der Gesamtheit aller in Deutschland hergestellten alkoholfreien Getränke abzüglich der alkoholfreien Brunnengetränke abgeleitet. Tabelle 1.14 zeigt die entsprechenden Daten.