

# Brauwasser: Beschaffenheit und Aufbereitung (Teil 1)

**QUALITÄT UND GESCHMACK** | Die Beschaffenheit des Brauwassers ist von entscheidender Bedeutung für die Qualität eines Bieres. Jedes Bier, gleich welcher Brauart, besteht zu rund 90 Prozent aus Wasser. Nach dem Bayerischen Reinheitsgebot ist Wasser eine der für die Bierproduktion zugelassenen Zutaten und spielt eine Schlüsselrolle für die Qualität und den Geschmack des Bieres. Je nach Biertyp muss das Brauwasser eine entsprechende chemische Zusammensetzung aufweisen. Diese ist abhängig vom Quellort oder Erzeuger – in jedem Fall sind die Anforderungen höher als die an Trinkwasser. Basis für die Qualität und den Geschmack des zu brauenden Bieres ist eine äquivalente Wasseraufbereitung. In folgendem Beitrag werden die wesentlichen Parameter von Brauwässern beschrieben sowie ihr Einfluss auf das zu brauende Bier. Ebenso werden unterschiedliche Verfahren für die Konditionierung von Rohwässern für den Brauprozess erklärt.

**ABHÄNGIG VON DER GEOGRAPHISCHEN LAGE** weist jedes Wasser in Deutschland seinen individuellen Gehalt an Inhaltsstoffen auf. So prägen vor allem die unterschiedlichen Konzentrationen an Kalzium- und Magnesiumsalzen den Charakter des jeweiligen Brauwassers. Das Charakteristische eines jeden Bieres und der unterschiedlichen Biertypen ist historisch gesehen auf das jeweils verfügbare Brauwasser zurückzuführen.

Ein wichtiger Parameter für das Brauwasser ist die Wasserhärte, die in Grad deutscher Härte (°dH) angegeben wird und sich aus der Karbonat- und der Nichtkarbonat-

härte zusammensetzt. Sie umfasst alle Kalzium- und Magnesiumsalze. Als wichtigste Anionen sind hier das Hydrogenkarbonat, das aciditätsvernichtend wirkt, und die Kalzium- und Magnesiumionen, die aciditätsfördernd wirken, zu nennen, ebenso das Sulfat und das Chlorid, die jedoch den pH-Wert der Maische nicht beeinflussen, sondern  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$  mitbringen.

## Restalkalität

Für den Brauprozess ist jedoch nicht die Gesamthärte des Wassers, sondern die Restalkalität [1] nach Kolbach von Bedeutung. Sie charakterisiert das Brauwasser hinsichtlich seiner Einflüsse auf den pH-Wert der Biermaische. Als wichtige Kennzahl beschreibt sie, was von der säurevernichtenden Wirkung der Karbonate übrigbleibt, wenn die Härtebildner in der Maische reagiert haben. Entscheidend sind vor allem die Karbonathärte und deren Verhältnis zur Nichtkarbonathärte.

Eine Restalkalität von Null beeinflusst den Maische- und Würze-pH-Wert [2] nicht. In diesem Fall ist der pH-Wert ausschließlich von den Malzinhaltstoffen abhängig. Das Wasser ist in seiner beeinflussenden Wirkung mit destilliertem Wasser vergleichbar.

Eine Restalkalität von 10 °dH hebt den Maische-pH-Wert um 0,3, entsprechend senkt eine Restalkalität von -10 °dH den pH-Wert um 0,3. Eine verhältnismäßig hohe Karbonathärte führt zur Bindung der im Maischprozess entstehenden Säure und damit zu einer Anhebung des Maische-pH.

## Biersorten in Abhängigkeit von der Restalkalität

Je nach „Härte“ kann die entsprechende Biersorte gebraut werden. Für helle, relativ bittere und hopfenaromatische Biere wie Pilsner wird sehr weiches, salzarmes Wasser mit einer Restalkalität von < 5 °dH benötigt, wie es z. B. in Pilsen und anderen tschechischen Orten vorhanden ist.

Härteres Wasser wird dagegen für dunkle, malzaromatische Biere benötigt, die sich vor allem in Sachsen und Bayern entwickelt haben. Hier resultiert die hohe Restalkalität vor allem aus der ausgeprägten Karbonathärte und gering ausgeprägten Nichtkarbonathärte. Dies bewirkt die dunkle Färbung, führt zu bitterem Hopfengeschmack und behindert die Enzymtätigkeit.

Im Vergleich dazu weist das Dortmunder Wasser eine die Karbonathärte überwiegende Nichtkarbonathärte auf. Dies führt trotz der hohen Härte zu einer geringen Restalkalität und einer guten Eignung für helle Biere.

Um das Brauwasser den Anforderungen des jeweils herzustellenden Biertyps optimal anzupassen, um beispielsweise auch aus hartem Wasser ein Pils brauen zu können, werden Brauwässer bei Bedarf auf physikalischem Wege entkarbonisiert bzw. entsalzt. Man verwendet zum Ausgleich

**Autoren:** Dipl.-Ing. Brauwesen und Getränke-technologie Maximilian Franke, Außendienst Bayern Food & Beverage/Trinkwasser & Abwasser, und Dipl.-Ing. Michael Birmelin, Marketing-Redakteur, ProMinent Dosiertechnik GmbH, Heidelberg



**Umkehrosmoseanlage**

entweder gesättigtes Kalkwasser, setzt Ionenaustauscher ein oder bedient sich der Umkehrosmose.

Diese Verfahren entsprechen der Trinkwasserverordnung und ermöglichen dem Braumeister, auf Wässer zurückzugreifen, ohne durch deren Zusammensetzung auf die Produktion einer bestimmten Biersorte festgelegt zu sein.

### ■ Brauwasseraufbereitung

Zum Brauen von hellen Qualitätsbieren sind Wässer mit einem weichen Härtegrad erwünscht. Diesen erzielt man durch Entkarbonisieren oder entsprechendes Entsalzen. Hierfür sind Ionenaustauscher, Elektro-Osmoseverfahren oder die Umkehrosmose geeignet. Darüber hinaus ist es möglich, den aciditätsvernichtenden Einfluss der Hydrogenkarbonat-Ionen durch Zusatz von Kalzium-Ionen in Form von Gips oder Kalziumchlorid zu kompensieren. Ebenso gelingt es mit Hilfe von Sauermais oder Sauergut, die ungünstige Wirkung von Hydrogenkarbonaten aufzuheben.

### ■ Entkarbonisierung mit gesättigtem Kalkwasser [3]

Entkarbonisiert wird meist bei kaltem oder nur schwach erwärmtem Wasser. Der in Form von Kalkwasser zugesetzte Kalk bindet zunächst das freie und anschließend das halbgebundene Kohlendioxid. Das Kalziumhydrogenkarbonat wird dadurch in Form von Kalziumkarbonat ausgeschieden. Dann folgt die Umsetzung des Magnesiumhydrogenkarbonats. Vorhandene Eisensalze setzen sich mit den Kalzium- und Magnesiumsalzen ebenfalls ab. Ein Zusatz von Kalziumsalzen (Gips, Kalziumchlorid) ermöglicht eine weitere Absenkung der Karbonathärte, allerdings unter gleichzei-



**Enthärtungsanlage in einem Getränke herstellenden Betrieb**

tiger Bildung der entsprechenden Magnesiumsalze der Nichtkarbonathärte.

### ■ Kontinuierlich arbeitende Enthärtungsanlagen [3]

Diese Anlagen setzen Rohwasserverhältnisse voraus, die keinen größeren Schwankungen der Härtegegebenheiten unterworfen sind. Sie ermöglichen aufgrund ihres konstruktiven Aufbaus eine einfache Abschläm- mung der Fällungsprodukte. Einstufige Anlagen, die bei günstig zusammengesetzten Wässern eingesetzt werden können, bestehen aus einem „Kalksättiger“ zur Herstellung des gesättigten Kalkwassers, einem Reaktor, in dem der Enthärtungsvorgang abläuft, und einem Kies- bzw. Sandfilter zur vollständigen Klärung. Ein großer Nachteil dieser Anlagen ist ihr großer Platzbedarf.

### ■ Ionenaustauscher

Schwierige Wässer lassen sich mit Ionenaustauschern zu Brauwasser aufbereiten und sorgen so für die Entkarbonisierung magnesiareicher Wässer, die Entsalzung

mineralreicher Rohwässer oder für die gezielte Entfernung von Anionen wie Nitrat, Chlorid oder Sulfat. Im Vergleich zu Kalkentkarbonisierungsanlagen sind Ionenaustauscher wesentlich kleiner und damit in Investition und Raumbedarf entsprechend günstiger. Sie werden deshalb auch zur Enthärtung von Wässern herangezogen, die sich mit Kalkfällung aufbereiten lassen.

Nach Enthärten durch Ionenaustauscher kann das Wasser durch einen Verschnitt mit Rohwasser auf die gewünschte Restkarbonathärte eingestellt werden.

Eine gewisse Kalziumkarbonathärte lässt sich auch aufbauen, indem kohlen-säurehaltiges Wasser vom Austauscher mit gesättigtem Kalkwasser verschnitten wird. In Abhängigkeit vom Gehalt an Magnesiumhydrogenkarbonat bringt der Verschnitt Mg-Ionen als Nichtkarbonathärte ein.

Ionenaustauscher sind durch die notwendige Regeneration mit konzentrierten Chemikalien kostenintensiv und aufwändig.

### Restalkalität (RA) für unterschiedliche Biertypen

- helle Biere im Bereich von 0°dH\*
- für Export, Kölsch, Lager kleiner 5°dH
- für Pilsbiere teilweise bis -5°dH
- Weizenbier größer 5°dH, jedoch kleiner 10°dH

Überschlägig kann man die RA mit folgender Formel berechnen:

$$\text{Restalkalität [°dH]} = \text{Karbonathärte} - (\text{Gesamthärte: 3,5 oder 4})$$

Eine genauere Berechnung ist mit folgender Formel möglich:

$$\text{Restalkalität [°dH]} = \text{Karbonathärte} - (\text{Kalziumhärte}/3,5) - (\text{Magnesiumhärte}/7)$$

Liegen Werte für Calcium und Magnesium in mg/l vor, wird Calcium durch 7,15 dividiert und Magnesium durch 4,34.

Gibt das Wasserwerk in seiner Wasseranalyse die Gesamthärte in mmol/l an, so ergibt dieser Wert mit 5,6 multipliziert Grad Härte [°dH].

*\*Ein deutscher Härtegrad (1°dH) entspricht 10 mg Kalziumoxid oder 7,19 mg Magnesiumoxid/l H<sub>2</sub>O*

### ■ Elektrodialyse und Elektroosmose

Die Elektrodialyse ist ein Entsalzungsverfahren, dem das Prinzip der Dialyse zugrunde liegt. Es findet eine Wanderung von Ionen im elektrischen Feld durch zwischengeschaltete jeweils anionen- und kationensperrende Membranen statt [4]. Dieses sowie ein weiteres Verfahren, dessen Prinzip darauf beruht, dass das zu reinigende Wasser durch die Wirkung von Gleichstrom von Ionen befreit wird – die Elektroosmose – kommen nicht mehr oder nur noch sehr selten zur Brauwasseraufbereitung zum Einsatz (Beschreibungen sind in der 6. und 7. Auflage des Buches von Narziß [5] zu finden).

### ■ Membranfiltration – Umkehrosmose

Die Membranfiltration gewährleistet eine effiziente und gleichzeitig umweltfreundliche Wasseraufbereitung, die nahezu ohne Einsatz von Chemikalien auskommt. Zur Vorbehandlung vor einer Entsalzung mit Umkehrosmose wird zunehmend die Ultrafiltration eingesetzt. Sie dient dem Abscheiden feinsten Partikel und Trübstoffe. Um Verblockungen der Module zu verhindern, werden in regelmäßigen Zyklen Rückspülungen durchgeführt.

Die Umkehrosmose, die sich zur Aufbereitung von Trinkwasser bewährt hat, wird ebenfalls zunehmend in Brauereien angewandt. Sie ermöglicht eine weitgehende Entsalzung des Wassers [6, 7].

Das Prinzip der Umkehrosmose basiert auf der Tatsache, dass der für Rohwasser erforderliche Druck größer ist als der durch Osmose verursachte Druck. Aufgrund dieses Druckunterschieds müssen die Wassermoleküle eine halbdurchlässige Membran durchqueren, wobei die gelösten Salze, organische Verunreinigungen und Mikroorganismen aufgrund ihrer Größe im Konzentrat zurückgehalten werden. Ein salzhaltiges Wasser wird dadurch in zwei Ströme aufgeteilt, und zwar in das salzfreie Permeat und das salzhaltige Konzentrat. Dematerialisiertes Wasser ist nicht in der Lage, Größe und Belastung der Salzmenge durch Ionen, die durch die Membran hindurch rutschen können, zu beeinflussen. Kleinere Ionen fließen automatisch durch die Membran hindurch, während die größeren Ionen leichter zurückgehalten werden können. Im Vergleich zu anderen Systemen der Wasserenthärtung werden alle Ionen – Kationen und Anionen – gleichmäßig

### Einfluss der Salze/Ionen

- Kalzium: Kalziumionen (Ca<sup>2+</sup>) verbessern die Arbeit der stärke-spaltenden Enzyme während des Maischprozesses
- Magnesium: Magnesiumionen (Mg<sup>2+</sup>) führen in höheren Konzentrationen zu einem bitteren Geschmack
- Natrium: Natriumionen (Na<sup>+</sup>) führen als Natriumchlorid in hohen Konzentrationen zu einem salzigen/sauren Geschmack. Besonders aciditätsvernichtend als Natriumhydrogenkarbonat. Vorsicht bei Enthärtungsanlagen als Vorbehandlung zur Umkehrosmose. Es werden 1 mol Ca<sup>2+</sup> und Mg<sup>2+</sup> gegen 2 mol Na<sup>+</sup> getauscht. Dadurch sind besonders bei Wässern mit hoher Ausgangshärte oft nach der Umkehrosmose noch höhere Natriumgehalte als im Rohwasser zu verzeichnen. Hier sind Scaleinhibitoren zu bevorzugen.

### BIERTYPEN

	Helle, hopfenstarke Biere (Pilsner)	Dunkle Biere (Münchner)	Dortmunder
Karbonhärte	geringe	hoch	hoch
Nichtkarbon-härte	fast keine	kaum vorhanden	hoch
	bei geringem Salzgehalt und geringer Restalkalität	hoher Gehalt an Hydrogenkarbonat und hohe Restalkalität	

aus dem Wasser entfernt. Dies ist sonst nur mit mehrstufigen Aufbereitungsverfahren möglich. Auch einwertige Ionen wie Natrium, Chlorid und Nitrat werden weitgehend eliminiert. Damit die Nichtkarbonathärte zurückgewonnen werden kann, ist die Dosierung von Kalziumchlorid oder Kalziumsulfat wichtig.

### ■ Ausblick

Für Brauwasser kann eine Aufhärtung wünschenswert sein: so mit Rohwasser. Mittels der im Wasser befindlichen freien Kohlensäure könnte mit gesättigtem Kalkwasser eine gewisse Karbonathärte aufgebaut werden. Meist wird jedoch Kalziumchlorid oder Kalziumsulfat zugesetzt und damit die Nichtkarbonathärte und mit ihr der Kalziumgehalt eines Wassers aufgebaut. Das letztlich angestrebte günstige Brauwasser lässt sich durch einen Verschnitt mit Rohwasser plus Zugabe von Kalziumchlorid bzw. Gips erzielen. In einem zweiten Teil dieser Artikelserie wird die Brauwasseraufbereitung an einem praxisnahen Beispiel beschrieben werden, und zwar durch den Einsatz von Umkehrosmoseanlagen in der König Ludwig Schlossbrauerei. ■

### ■ Literatur

1. Heyse, K.-U.: Handbuch der Brauerei-Praxis, 3. verb. u. erw. Aufl. (1995), Verlag Hans Carl, Nürnberg, 1995.
2. Heyse, K.-U.: Praxishandbuch der Brauerei, 7. Aufl., Hamburg: Behr's Verlag, 2002.
3. Schuster; Weinfurter; Narziß: Die Bierbrauerei: Die Technologie der Würzebereitung; Bd. II. Verlag: Wiley-VCH Verlag; Auflage: 7., durchges. u. erw. A. (April 2009).
4. Nörpel, C.: „Elektrodialyse“, BRAUWELT 122 (1982), S. 1615-1616.
5. Narziß, L.; Back, W.: Die Bierbrauerei: Band 2: Die Technologie der Würzebereitung, Wiley-VCH Verlag; 8. überarb. und erg. Auflage, 2009.
6. Marquardt, K.: „Umgekehrte Osmose – Ein neues Verfahren zur Brau- und Getränkewasseraufbereitung“, BRAUWELT 117 (1977), S. 1033-1040.
7. Marquardt, K., Zeitschrift für praktische Energietechnik, 32. Jahrgang, 1980, S. 329.