



## Brouwwater

14 februari 2000

### Inleiding

Eén van de zaken waar amateur bierbrouwers zich meestal het laatst in gaan verdiepen, is de samenstelling van het brouwwater. Veelal kost het enige moeite om de benodigde kennis en begrippen te verzamelen en te doorgronden. Dit geprojecteerd tegen de achtergrond van 'het bier smaakt al prima zonder enige kennis/aanpassing van het brouwwater', resulteert vaak in het achterwege laten van welke aanpassingen dan ook aan het brouwwater. In dit artikeltje zal worden ingegaan op de effecten van de samenstelling van het water op het bier en hoe het één en ander aan te passen valt. Deze aanpassingen zullen resulteren in een kwalitatief beter bier en pogingen om commerciële bieren te kopiëren zullen doeltreffender zijn als de watersamenstelling deze beter benadert.

De bron van informatie is de 'Brewwater calculator' van Ken Schwartz en de artikelen van Jacques Bertens over brouwwater in PROOST (nummers 23 en 24, respectievelijk sept/okt en nov./dec. '97).

### Waar gaat het om?

Welke parameters in het brouwwater zijn nu van belang voor het uiteindelijke bier? Het gaat voornamelijk om de concentraties van calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), sulfaat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), natrium ( $\text{Na}^+$ ), chloride ( $\text{Cl}^-$ ), carbonaat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), de totale hardheid uitgedrukt in mg/l  $\text{CaCO}_3$ , de alkaniteit van het water (vermogen om zuur te neutraliseren uitgedrukt in mg/L  $\text{CaCO}_3$ , veroorzaakt door de carbonaat en bicarbonaat in het water) en de zuurgraad uitgedrukt in pH-eenheden. Verder kan de ijzerconcentratie een factor zijn. De gouden regel is dat als het water metaalachtig proeft (vooral bij lokale/zelfgeslagen bronnen en water uit oude waterleidingsystemen), het absoluut ongeschikt is voor de bereiding van bier. Als laatste zijn de sporenelementen van belang; niet voor het brouwproces zelf maar meer voor een blijvende optimale vitaliteit van de gist.

De bovenstaande parameters worden achteréénvolgens besproken op hun smaakeigenschappen en concentraties.

#### Calcium

Calcium is het belangrijkste mineraal die de hardheid van water bepaald. In de juiste hoeveelheid is calcium bevordelijk voor de brouwprocessen. Het stimuleert de enzymactiviteit waardoor o.a. de eiwitafbraak bevordert wordt en het alfa-amylase enzym gestabiliseerd wordt. Verder bevordert calcium de extractie van de (heerlijke) bittere bestanddelen van hop. De uitvlokking van eiwitten in zowel de 'hot als cold break' (tijdens kookfase en afkoeling van het wort) wordt eveneens verhoogd. Het is essentieel voor de gist, verbetert het klaren van het bier en verlengt de houdbaarheid van het bier.

In overmaat zal het calcium complexen aangaan met de aanwezige fosfaten en op die manier kan de gist een belangrijke voedingsstof worden onthouden.

Concentraties van 5-200 mg/L zijn normaal. De oplosbaarheid van calcium wordt sterk beïnvloed door de aanwezige anionen. Calcium kan worden toegevoegd als calciumsulfaat, calciumchloride en calciumcarbonaat.

Over de specifieke smaak van calcium wordt weinig meer vermeld dan dat 'het de smaak van bier gunstig beïnvloedt [Jacques Bertens].

#### Sulfaat

Sulfaat geeft een droge, volle smaak die ietwat 'scherp' overkomt in concentraties lager dan 150 mg/L. Sulfaat accentueert de hopbitter. Boven de 500 mg/L wordt sulfaat als sterk bitter ervaren. De aan te bevelen concentraties zijn onder de 50 mg/L. Echter, sulfaat concentraties kunnen oplopen tot wel 700 mg/L in de typische Burton-style bieren (hier is ook het begrip 'burtoniseren')



## Brouwwater

van afkomstig = het toevoegen van calciumsulfaat). Detail: sulfaat concentraties hoger dan 150 mg/L kunnen een laxerende uitwerking hebben!

Sulfaat toe te voegen als calcium- en magnesiumsulfaat.

### Magnesium

Magnesium is het tweede mineraal die de hardheid van water bepaald. In concentraties van 10-30 mg/L accentueert het de biersmaak. In overmaat geeft het een wrange bitterheid. Boven de 125 mg/L is magnesium diuretisch. Magnesium is essentieel als co-factor voor sommige enzymen. Het is gunstig voor gist in lage concentraties, maar is in het algemeen ongewenst in concentraties hoger dan 30 mg/L.

Aan te bevelen concentratie is 10-30 mg/L. Magnesium toevoegen als magnesiumsulfaat ('Epsom salt').

### Natrium

De zurige, zoutige smaak van natrium voegt 'volheid' toe aan bier in concentraties tot 100 mg/L. Verder wordt tot deze concentratie de smaak van het bier geaccentueerd. Normaal waarden zijn 2-100 mg/L. Het is giftig voor gist en geeft een harde smaak wanneer het in overmaat aanwezig is (Ken Schwartz geeft niet een duidelijke grens aan). Aan te bevelen concentratie is tot 50 mg/L, vooral in de aanwezigheid van sulfaat. Natrium toevoegen als natriumchloride (keukenzout).

### Chloride

De zoutige smaak van chloride voegt 'volheid' toe aan het bier en accentueert de hopbitter. De zoutige smaak wordt minder zout ervaren in de aanwezigheid van calcium en magnesium. De normaal waarden voor chloride zijn 1-100 mg/L. Aan te bevelen concentratie is lager dan dan 50 mg/L, vooral in de aanwezigheid van sulfaat. Vooral niet boven de 100 mg/L komen voor bieren met een  $OG < 1050 \text{ g/dm}^3$  (gaat anders een zoutig karakter aan het bier geven). Voor zware bieren is de maximum concentratie 350 mg/L. Chloride tovoegen als natriumchloride of calciumchloride.

### Carbonaat

Carbonaat neutraliseert het aanwezige of vrijkomende zuur in de maisch. Hoe hoger het gehalte, des te meer er aangezuurd moet worden om tot de ideale maisch pH te komen. Laat de hopbitter als een 'harde' bitterheid ervaren; geeft het bier een wat roodachtige kleur en belemmert het uitvlokken van eiwitten. Aan te bevelen concentratie is lager dan 50 mg/L. Hoge calcium concentratie in de maisch kan de aanwezigheid van carbonaat neutraliseren (ten gevolge van fosfaat reacties), net zoals het gebruik van donker geroosterd mout/granen.

### Totale hardheid

De som van calcium en magnesium uitgedrukt in mg/L calciumcarbonaat.

$$\text{Totale hardheid} = ([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] * 40/24) * 100/40$$

Andere bekende eenheden zijn mmol/L, Duiste-, Franse-, Amerikaanse- en Engelse graden hardheid.

1° Duitse hardheid = 1 mg CaO per 100 ml water

1° Franse hardheid = 1 mg CaCO<sub>3</sub> per 100 ml water

1° Amerikaanse hardheid = 1 mg CaCO<sub>3</sub> per liter water

1° Engelse hardheid = 1 grain (64.8 mg) per gallon (4.546 liter) water

100 mg/L calciumcarbonaat = 5.6° Duitse hardheid = 10° Franse hardheid = 100° Amerikaanse hardheid = 7° Engelse hardheid = 1 mmol/L .

Beoordeling van totale hardheid in verschillende hardheidsgraden:

0-70 mg/L calciumcarbonaat = 0-4° Duitse hardheid: zeer zacht water

70-150 mg/L calciumcarbonaat = 4-8° Duitse hardheid: zacht water

150-210 mg/L calciumcarbonaat = 8-12° Duitse hardheid: middelhard water



## Brouwwater

210-320 mg/L calciumcarbonaat = 12-18° Duitse hardheid: hard water  
>320 mg/L calciumcarbonaat = >18° Duitse hardheid: zeer hard water

### Alkaliteit

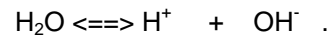
Dit is het vermogen om zuur te neutraliseren, veroorzaakt door de carbonaat en bicarbonaat in het water. Hoe hoger de alkaliteit, des te meer zal de maisch aangezuurd moeten worden om tot de optimale pH van 5.2-5.3 te komen.

Alkaliteit wordt ook uitgedrukt in mg/L calciumcarbonaat. Wellicht een vreemde eenheid maar komt overéén met de hoeveelheid calciumcarbonaat nodig om de hoeveelheid zuur te neutraliseren die nodig is om de aanwezige carbonaat en bicarbonaat te neutraliseren.

Het begrip restalkaliteit wordt ook gehanteerd. Hierbij wordt de alkaliteit als het ware gecorrigeerd voor de invloed (na reactie met fosfaat komen er zuurdeeltjes vrij, zie verder) van calcium en magnesium ionen.

### Zuurgraad

De zuurgraad van water wordt weergegeven als pH-waarde, wat niets anders is dan de negatieve logaritme (grondtal 10) van de concentratie van waterstofionen  $H^+$ . Door het aanwezig zijn van  $H^+$  ionen is een vloeistof zuur of niet. Water is van zichzelf neutraal en heeft een pH=7. Dat wil dus zeggen dat als er slechts water aanwezig is, er toch  $H^+$  ionen in oplossing bevinden. Dit lijkt op zich vreemd, maar komt doordat water uit zichzelf autolyseert:



Controle van de pH met pH-papier is over het algemeen veel te grof. Een goed geijkte pH-meter (op buffers pH=7.0 en pH=4.0) zal moeten worden ingezet om een nauwkeurige pH-meting te krijgen.

### Wat gebeurt er in de brouwketel met de aanwezige zouten?

De maisch bevat onder andere een aantal fosforverbindingen, die zich manifesteren als een zwakzure buffer. Door deze fosfaten daalt de pH (geeft de zuurtegraad van water aan; pH=7 neutraal; pH<7 zuur en pH>basisch) tot 5.5-6.0 wanneer neutraal water wordt gebruikt (pH=7). Meestal zit er in water een hoeveelheid koolzuur opgelost die een pH van 5.5-7.0 geeft. Verder reageren de calcium (en magnesium) ionen met deze fosfaten waarbij het onoplosbare calciumfosfaat ontstaat. Dit gaat gepaard met het afstaan van zuurdeeltjes. Calcium is dus een belangrijk bestanddeel als het om de pH van de maisch gaat. Alles bij elkaar wordt er dus gemaisched in een licht zure maisch.

Carbonaat en bicarbonaat geven echter het tegengestelde effect; zij zijn alkalisch hetgeen betekent dat ze zuurdeeltjes kunnen opnemen. Zij zorgen ervoor dat de zuurdeeltjes die aanwezig zijn en geproduceerd worden zoals hierboven beschreven, tot op zekere hoogte worden weggenomen. Carbonaat echter, wordt bij hogere temperaturen neergeslagen samen met de aanwezige calcium en magnesium onder vorming van calciumcarbonaat (kalk oftewel marmer) en magnesiumcarbonaat. In ieder geval dient gestreefd te worden om te maischen bij een pH van 5.2-5.3; bij deze zuurgraad werken de enzymsystemen voor de verschillende rusten, overall gezien, het meest optimaal. Dit betekent dat de maisch op pH gecontroleerd moet worden vlak na de storting en eventueel aangepast dient te worden met het liefst fosforzuur of melkzuur (fosforzuur staat in de koelkast in de Schuimkraag) om een pH=5.2-5.3 te bewerkstelligen. Stortingen met donker geroosterde ingredienten zijn van nature wat zuurder dan de lichte moutsoorten (door de donkergekleurde en zure maillardproducten). Dit is de reden dat donkere bieren makkelijker succesvol gebrouwen kunnen worden dan lichtere bieren zonder pH-aanpassing. Verder verdient het de voorkeur om het spoelwater ook op pH=5.2-5.3 te brengen net als het wort wat gekookt wordt.



## Brouwwater

### Water in de Schuimkraag

Het 'oude' water in de Schuimkraag had de volgende gemiddelde samenstelling in 1998 [1]:

Ca<sup>2+</sup>: 89 mg/L; Mg<sup>2+</sup>: 13 mg/L; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: 131 mg/L; Na<sup>+</sup>: 66 mg/L; Cl<sup>-</sup>: 112 mg/L; CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>: 0 mg/L; Totale hardheid: 270 mg/L; alkaliteit: 150 mg/L en pH=5.5 .

Dit water wordt gekarakteriseerd als hard en licht zuur. Verder valt op in vergelijking met wateranalyses van brouwwateren van bekende biersoorten, dat met name het natrium- en chloride gehalte aan de zeer hoge kant is.

Vanaf 1 december 1999 heeft de samenstelling van het drinkwater in deze regio een verandering ondergaan. Het voorgezuiverde IJsselmeerwater ondergaat in Station Heemskerk membraanfiltratie gevolgd door hyperfiltratie. Hierna volgt vermenging met onthard water uit Station Wijk aan Zee. Aangezien er nog geen jaargemiddelde bekend is, is -als indicatie van de verandering- de samenstelling van het drinkwater van 14 december 1999 weergegeven. De samenstelling was:

Ca<sup>2+</sup>: 46 mg/L; Mg<sup>2+</sup>: 8.9 mg/L; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: ~80 mg/L; Na<sup>+</sup>: 68 mg/L; Cl<sup>-</sup>: 81 mg/L; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: 133 mg/L; Totale hardheid: 150 mg/L; alkaliteit: niet bekend en pH=8.4 [2].

Dit water wordt gekarakteriseerd als middelhard en licht basisch.

In Tabel 1 volgen enige waarden van hard- en zacht water, ideale samenstellingen van het brouwwater voor een biersoort en verschillende locaties ter vergelijking.

Tabel 1: samenstellingen van brouwwaters

soort	Ca	SO4	Mg	Na	Cl	CO3	HCO3	TH	Alk	pH
Schuimkraag '98	89	131	13	80	140	0		270	148	5.5
Schuimkraag 2000	46	80	8.9	68	81	nb	133	152		8.4
'Algemeen' Brouwwater	21	57	5.2	25	16	46		73	45	
Burton-on-Trent	270	640	60	30	40		200	925		
Pilsen	7	5	2	2	5		15	26		
Munchen	75	10	18	2	2		150	260		
Dublin	115	55	4	12	19	200		300		
Dortmund	260	240	23	69	106	270		750		
Koln	104	86	15	52	109	152		320		

TH: Totale Hardheid; Alk: alkaliteit

Hoe gaan we hiermee om?

Het zal uit Tabel 1 duidelijk zijn dat er enige aanpassingen aan het brouwwater uit de Schuimkraag nodig zijn om een bepaalde biersoort optimaal te benaderen. Om bijvoorbeeld een Tsjechische pilsner te brouwen, zien we dat ons water te veel zouten bevat en tegenwoordig ca. 10 maal verdund moet worden met gedemineraliseerd water om de vereiste concentraties te verwezenlijken. Ook om brouwwater te krijgen dat doorgaat voor 'algemeen brouwwater', zien we dat er ca. 2 maal verdund moet worden met gedemineraliseerd water.

Biertypen die voorheen 'uitstekend gingen' met water uit de Schuimkraag waren bokbieren, donkere dikbieren, Dortmunder- en Munchener typen. Tegenwoordig kunnen deze nog steeds met succes gebrouwen worden door simpelweg wat calcium- en magnesiumsulfaat aan het brouwwater toe te voegen. De verlaging in hardheid maakt het brouwwater geschikter voor de lichter gekleurde bieren (pils, witbier, triple, blond, ales). Door de verhoging in pH van het drinkwater zal zeker bij lichter gekleurde bieren de pH gecontroleerd moeten worden.

Hoe passen we het brouwwater aan?

- Indien mogelijk ALTIJD de pH aanpassen (optimale pH maisch is 5.3)



## Brouwwater

- het kraanwater deels vermengen met gedemineraliseerd water en eventueel brouwzouten toevoegen
- uitgaan van gedemineraliseerd water en door toevoegen van brouwzouten het gewenste brouwwater creëren (N.B. realiseer wel dat er dan wel een compleet gistvoedingszout toegevoegd moet worden om de gist van de nodige spore elementen te voorzien!
- geen aanpassing doen en die biersoort(en) ontwikkelen die met het aanwezige brouwwater en gehanteerde receptuur prima resultaten leveren (voor de Schuimkraag: donkergekleurde bieren)

De handigste manier om het brouwwater aan te passen, qua minerale samenstelling, aan een 'doel brouwwater', is het programmaatje BrewCalc te downloaden van het web. Het staat op het volgende adres:

<http://sun1.bham.ac.uk/GraftonG/brewwater.zip>.

Door vervolgens de gewenste watersamenstelling in te voeren en de samenstelling van het te gebruiken kraanwater, kan dmv verdunnen met gedemineraliseerd water en toevoegen van zouten de aanpassing gerealiseerd worden. Dit alles gaat super simpel door op de juiste knoppen te klikken.

Als men het op de hand moet uitrekenen, maak dan gebruik van de volgende gegevens:

- 1 gr calciumsulfaat op 100 L geeft 2.9 mg/L calcium en 7.1 mg/L sulfaat
- 1 gr calciumsulfaat.**2aq** op 100 L geeft 2.3 mg/L calcium en 5.6 mg/L sulfaat
- 1 gr calciumchloride op 100 L geeft 3.6 mg/L calcium en 6.4 mg/L chloride
- 1 gr calciumchloride.**2aq** op 100 L geeft 2.7 mg/L calcium en 4.8 mg/L chloride
- 1 gr calciumcarbonaat op 100 L geeft 4.0 mg/L calcium en 6.0 mg/L carbonaat
- 1 gr magnesiumsulfaat op 100 L geeft 2.0 mg/L magnesium en 8.0 mg/L sulfaat
- 1 gr magnesiumsulfaat.**6aq** op 100 L geeft 1.0 mg/L magnesium en 3.9 mg/L sulfaat
- 1 gr natriumchloride op 100 L geeft 3.9 mg/L natrium en 6.1 mg/L chloride
- 1 gr natriumwaterstofcarbonaat op 100 L geeft 2.7 mg/L natrium en 7.1 mg/L carbonaat

Dit is simpelweg in een spreadsheet te verwerken. Gangbare methode voor aanpassing is door eerst het natrium en chloride gehalten aan te passen dmv verdunning met gedemineraliseerd water, vervolgens het magnesium gehalte aanpassen door magnesiumsulfaat toe te voegen en vervolgens calcium en sulfaat. Soms zal blijken dat bijv. het gewenste calcium gehalte alleen bereikt kan worden door calcium chloride of calciumcarbonaat toe te voegen. Aan de lezer de beslissing.

N.B. Calciumcarbonaat lost in water niet op, wel in de aangezuurde maisch!!

Zouten zijn over het algemeen hygroscopisch (trekt water aan). Droog bewaren in goed afsluitbare potten! Als er kristalwater aanwezig (genoteerd als bijv.  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) moet men wel beseffen dat het kristalwater geen bijdrage levert aan de correctie van de desbetreffende ionen.

### Conclusies:

- De samenstelling van het water heeft wel degelijk invloed op de uiteindelijke smaak van het bier
- Breng, indien mogelijk, de pH van de maisch, spoelwater en wort op pH=5.2-5.3 met fosforzuur of melkzuur
- Donker gekleurde bieren gaan beter dan lichtgekleurde bieren in de Schuimkraag, indien geen aanpassing voor de pH gemaakt wil/kan worden
- Correctie van de zuurtegraad heeft in het algemeen een grotere invloed op het uiteindelijke resultaat (brouwzaalrendement en balans) dan aanpassing van de minerale samenstelling



## *Brouwwater*

- Het kraanwater in de Schuimkraag bevat relatief veel natrium en chloride; indien het kraanwater niet verdund kan worden met gedemineraliseerd water moet het extra toevoegen van natrium en chloride vermeden worden!
- Als het brouwwater aangepast gaat worden, doe dit bij voorkeur door het kraanwater 2 a 3 maal te verdunnen met gedemineraliseerd water en voeg eventueel wat brouwzouten toe.
- Voeg aan 100 L 'nieuw' brouwwater ca. 4 gr natriumchloride, 3 gr magnesiumsulfaat.**6aq** en 12 gr calciumsulfaat.**2aq** toe om het 'oude' brouwwater weer te benaderen.

Succes met het aanpassen van het brouwwater!

### **Referenties:**

- [1] PWN jaaroverzicht 1998
- [2] PWN dagrapport, samenstelling 14 december 1999.

### *Revisie:*

- 1.0 [14 februari 2000], eerste publicatie door Peter Wester
- 1.1 [27 februari 2009], KWBG layout toegepast