

# Aspekte der Wiederverwendung von Glattwasser

**WÜRZEANALYSE** | Bierbrauen ist ein Weg der Balance. Dies zeigt sich in allen Prozessschritten. Kein Merkmal des Bieres kann singular gesehen werden, alle Parameter haben einen Einfluss auch auf andere Biermerkmale. Das gilt auch im Sudhaus. Die Wiederverwendung von Glattwasser ist aus Kostengründen – da extrakt- haltig – anzudenken [1]. Aber macht es Sinn?

**DIESER ASPEKT** wurde schon wiederholt betrachtet, u. a. mit der Berechnung der Glattwassernutzschwelle [2]. Bei Wiederverwendung entsteht zusätzlich weniger Abwasser. Dagegen spricht jedoch, dass mit Zunahme der Nachgüsse sogenannte unedle Inhaltsstoffe aus den Trebern ausge- laugt werden [3].

Es wurden Versuche unternommen, bei denen ausreichend Glattwasser aus einem industriellen Betrieb (350 hl Ausschlag- volumen) genommen und unmittelbar darauf zu einem Pilotsud im 50-l-Maßstab wiederverwendet wurde. Das Glattwasser entstammte einem Sud mit 100 Prozent Gerstenmalz. Da das Hauptaugenmerk nur die verschiedenen Gabezeitpunkte und somit verschiedene Prozessstufen betraf, wurde immer derselbe Anteil an Glattwasser zugegeben. Dieses Glattwasser wurde in den einzelnen Versuchen zum Einmaischen, zum ersten Nachguss, dann

zum zweiten bzw. zum dritten Nachguss gegeben. Die entstandenen Würzen wurden auf verschiedene qualitätsrelevante Würzemerkmale – Extrakt, pH-Wert, Farbe, Endvergärungsgrad (EVG), Stickstoffverbindungen, Polyphenole, Viskosität, Feststoffe, Mineralstoffe, organische Säure (Oxalsäure), Fettsäuren und Zuckerzusammensetzung – untersucht.

Alle Versuche und Analysen erfolgten am Forschungszentrum Weihenstephan für Brau- und Lebensmittelqualität (BLQ) und wurden dreimal wiederholt, d. h. es gab dreimal Versuche mit Glattwasser zum Einmaischen, dreimal Glattwasser zum ers-

ten Nachguss usw. Das bedeutet auch, dass Glattwasser aus insgesamt zwölf industriellen Suden gezogen wurde. Die leichten Unterschiede in der Stammwürze dieser Muster wurden rechnerisch berücksichtigt. Dreimal wurden auch sogenannte Standardversuche gefahren, d. h. Sude im 50-l-Maßstab ohne irgendeine Zugabe von Glattwasser.

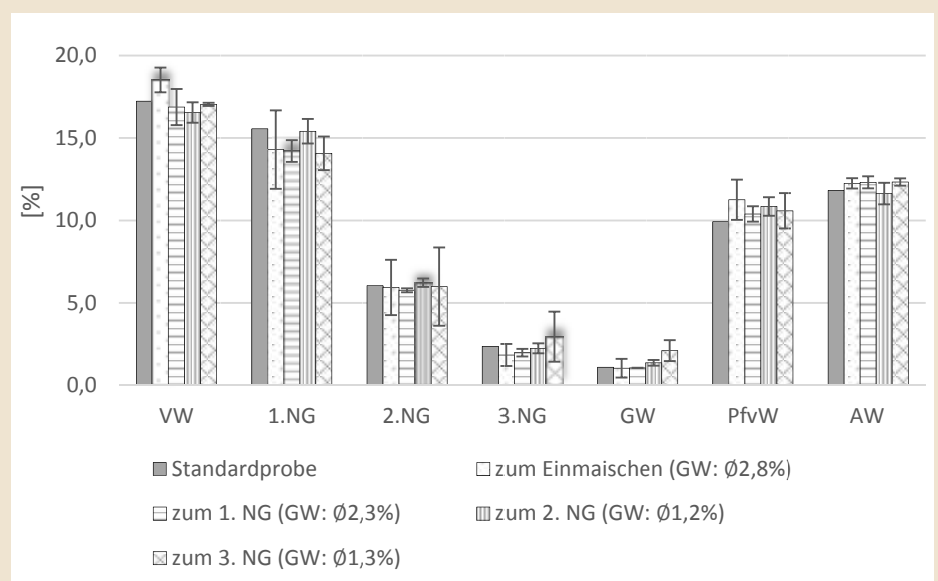
In der Tabelle 1 sind alle Ergebnisse zusammengefasst. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auf die statistischen Kennzahlen – die bei Dreifachversuchen natürlich vorliegen – verzichtet. Sie sind als Mittelwerte mit der Standardabweichung (Probezahl: n = 3) in den darauffolgenden Abbildungen angegeben. Da die verschiedenen Glattwasserproben, die zugegeben wurden, leicht unterschiedliche Extraktgehalte hatten, ist der Mittelwert des Extrakts in Klammern dazu notiert.

## ■ Extrakt

Der Extraktverlauf ist in Abbildung 1 aufgeführt. Trotz teils deutlicher Unterschiede in der Vorderwürze unterscheidet sich der



**Autoren:** Dr. Martin Zarnkow (Foto), Reiko Kanai, Prof. Fritz Jacob; alle TUM Forschungszentrum für Brau- und Lebensmittelqualität, Freising



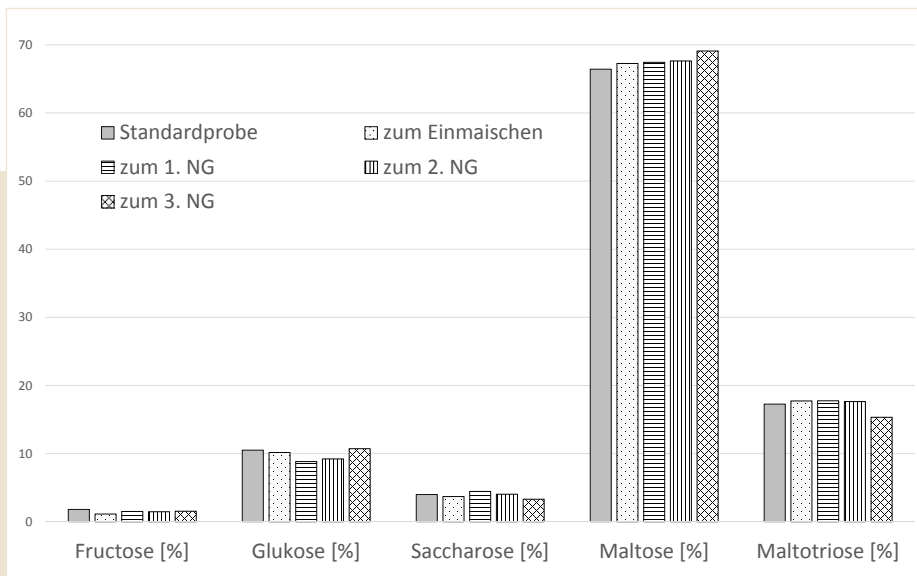
**Abb. 1** Extraktentwicklung in den verschiedenen Prozessschritten nach unterschiedlicher Glattwasserzugabe; der Balken mit Schatten zeigt jeweils den Zeitpunkt der Glattwasserzugabe

## ZUSAMMENSETZUNG DER AUSSCHLAGWÜRZE ÜBER ALLE VERSUCHE

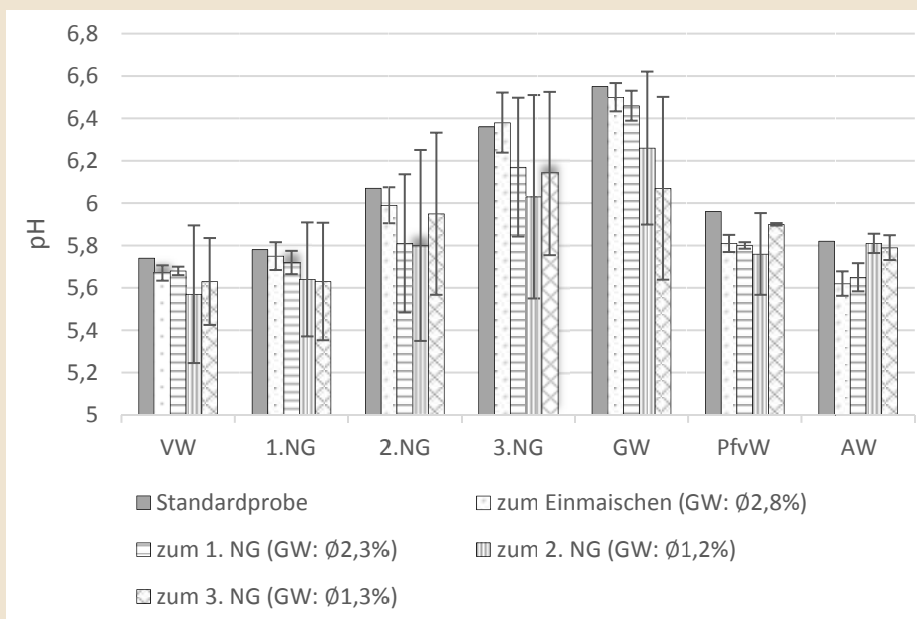
	Standard	zum Einmischen	zum 1. NG	zum 2. NG	zum 3. NG
Extrakt [GG-%]	11,82	12,25	12,31	11,63	12,33
pH-Wert	5,82	5,62	5,65	5,81	5,79
Farbe [EBC]	9,75	10,08	11,33	9,25	9,33
Endvergärungsgrad scheinbar [%]	81,0	82,3	80,7	81,0	80,7
Gesamtstickstoff, lösl. [mg/100ml]	94,2	103,8	100,0	93,4	102,0
Stickstoff, koagulierbar [mg/100ml]	1,3	1,8	1,5	1,5	1,6
Stickstoff, FAN, Ninhydrin [mg/100ml]	18,0	19,8	19,0	17,3	19,2
Polyphenole [mg/l]	178	262	241	203	226
Anthocyanogene [mg/l]	86,3	109,8	85,9	87,7	80,0
Tannoide [mg PVP/l]	68	82	78	79	74
Feststoffe [mg/l]	1055	431	800	1240	974
Viskosität auf 12% berechnet [mPa×s]	1,72	1,72	1,75	1,72	1,73
Calcium [mg/l]	23,2	16,9	19,9	19,6	21,9
Magnesium [mg/l]	79,4	84,9	80,0	77,3	78,3
Kalium [mg/l]	576	623	558	572	596
Natrium [mg/l]	34,0	17,9	18,2	37,5	23,0
Eisen [mg/l]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Zink [mg/l]	0,09	0,09	0,09	0,13	0,09
Kupfer [mg/l]	0,16	0,14	0,12	0,13	0,13
Mangan [mg/l]	0,11	0,13	0,11	0,13	0,11
Aluminium [mg/l]	< 0,05	0,16	0,06	0,07	< 0,05
Oxalsäure [mg/l]	39,1	39,9	38,9	37,8	38,5
Silicium [mg/l]	19,4	19,9	17,0	18,8	20,1
Zuckerzusammensetzung [g/l]	82,8	97,4	86,0	86,7	90,8
Fructose [g/l]	1,50	1,10	1,30	1,27	1,40
Glukose [g/l]	8,70	9,90	7,60	8,00	9,73
Saccharose [g/l]	3,30	3,60	3,83	3,50	3,00
Maltose [g/l]	55,00	65,50	58,00	58,67	62,75
Maltotriose [g/l]	14,30	17,27	15,27	15,30	13,93
Aminosäuren (HPLC) [mg/100ml]	n. b.	168,7	144,0	148,7	151,0
Asparaginsäure [mg/100ml]	n. b.	8,18	5,93	6,26	5,68
Glutaminsäure [mg/100ml]	n. b.	7,37	5,98	6,57	6,71
Asparagin [mg/100ml]	n. b.	12,48	9,78	13,66	13,12
Serin [mg/100ml]	n. b.	8,57	6,07	7,73	6,55
Glutamin [mg/100ml]	n. b.	6,71	3,57	3,59	5,08
Histidin [mg/100ml]	n. b.	7,35	4,88	5,30	5,94
Glycin [mg/100ml]	n. b.	4,34	2,95	3,53	2,96
Threonin [mg/100ml]	n. b.	6,66	5,42	5,51	5,36
Alanin [mg/100ml]	n. b.	9,38	9,60	10,61	9,44
Arginin [mg/100ml]	n. b.	13,68	11,12	12,48	12,05
GABA [mg/100ml]	n. b.	5,71	7,97	7,09	6,58
Tyrosin [mg/100ml]	n. b.	10,74	8,72	9,53	9,27
Valin [mg/100ml]	n. b.	11,98	10,83	12,35	11,88
Methionin [mg/100ml]	n. b.	5,04	2,85	3,09	2,77
Tryptophan [mg/100ml]	n. b.	7,34	4,86	5,09	5,43
Isoleucin [mg/100ml]	n. b.	7,69	5,13	6,63	6,26
Phenylalanin [mg/100ml]	n. b.	12,87	14,15	12,77	12,80
Leucin [mg/100ml]	n. b.	14,56	13,92	12,93	15,66
Lysin [mg/100ml]	n. b.	9,92	8,75	6,04	8,45
Fettsäuren (C8 - C18) [mg/100ml]	0,07	0,21	0,98	0,08	0,12
Palmitinsäure (C16) [mg/100ml]	0,03	0,09	0,17	0,04	0,05
Stearinsäure (C18) [mg/100ml]	0,01	0,02	0,03	0,01	0,00
Ölsäure (C18:1) [mg/100ml]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Linolsäure (C18:2) [mg/100ml]	0,02	0,06	0,10	0,02	0,06
Linolensäure (C18:3) [mg/100ml]	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00

Tab. 1

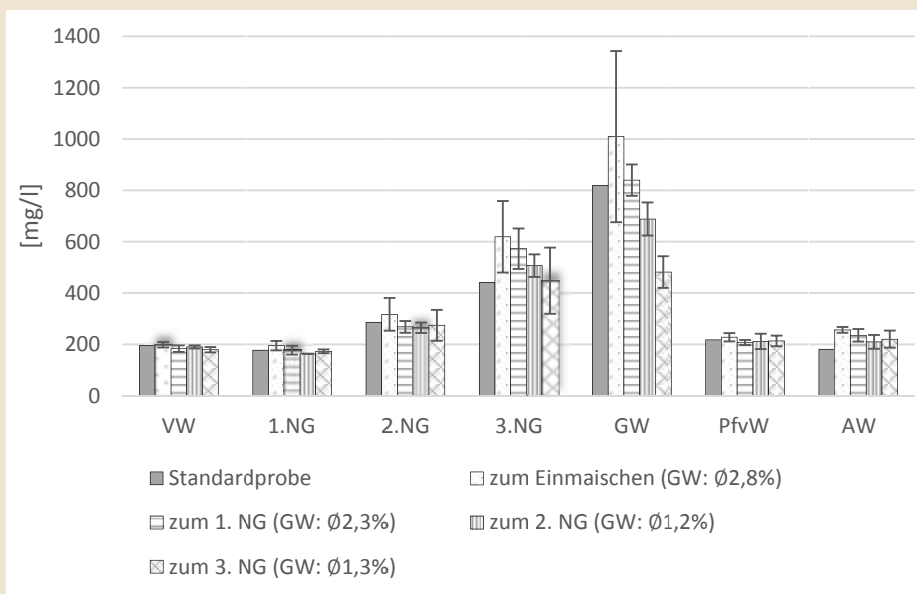
n. b. = nicht bestimmt



**Abb. 2** Prozentuale Zuckerzusammensetzung der Ausschlagwürze nach verschiedenen Glattwasserzugaben verglichen mit einem Standard



**Abb. 3** pH-Wert in den verschiedenen Prozessschritten nach unterschiedlichen Glattwasserzugaben; der Balken mit dem Schatten zeigt jeweils den Zeitpunkt der Glattwasserzugabe



**Abb. 4** Polyphenolgehalte in den verschiedenen Prozessschritten nach unterschiedlichen Glattwasserzugaben; der Balken mit dem Schatten zeigt jeweils den Zeitpunkt der Glattwasserzugabe

Extrakt in der Anstellwürze nur geringfügig. Die Zugabe zum 2. Nachguss erbrachte sogar minimal niedrigere Werte als die Vergleichsprobe. Ansonsten ergab die Glattwasserwiederverwendung vier bis fünf Zehntel mehr Extrakt.

Bemerkenswert ist, dass nicht nur größtenteils der Extrakt zunimmt, sondern dass sich auch die Zuckerverhältnisse (s. Abb. 2) verschieben. Besonders auffällig ist die Ausschlagwürze nach Glattwasserzugabe zum 3. Nachguss, die mehr Glucose und Maltose als alle Vergleichssude aufwies und das zu Lasten des Maltotriosegehalts.

### pH-Wert

Abbildung 3 zeigt den Verlauf des pH-Wertes mit und ohne Glattwasserzugabe. Auffallend sind hier die Versuche mit der Zugabe zum Einmischwasser und zum 1. Nachguss. Diese waren um zwei Zehntel niedriger als die Standardprobe sowie die Muster mit Zugabe zum 2. und 3. Nachguss. Ein Ergebnis, dass sich nicht an den anderen ermittelten Merkmalen vorhersagen ließ, aber wohl mit unterschiedlichen Puffersystemen, wie den Phosphaten zusammenhängen dürfte. Der pH-Wert der Muster zum 2. und 3. Nachguss war ähnlich dem des Standardverlaufs und lag somit etwas höher als die Vergleichswürzen. Interessant ist aber, dass ein starker Auswaschprozess deutlich wird, wenn man die Glattwasserproben der Versuche betrachtet. Je später die Gabe des Glattwassers, desto niedriger das erneut entstehende Glattwasser aus den Versuchen (s. Abb. 3).

### Endvergärungsgrad

Auffallend ist der deutlich höhere EVG in den Versuchen mit der Glattwasserverwendung zum Einmischwasser (s. Tab. 1). Die anderen Versuche erbrachten keine Veränderung im Vergleich zu dem Standard. Es scheint, dass das Glattwasser zu einer verbesserten amyolytischen Aktivität beiträgt. Das kann an dem etwas höheren pH-Wert, an einem besseren Puffersystem und an einer Inaktivierung von enzymatischen Inhibitoren liegen.

### Stickstoffverbindungen

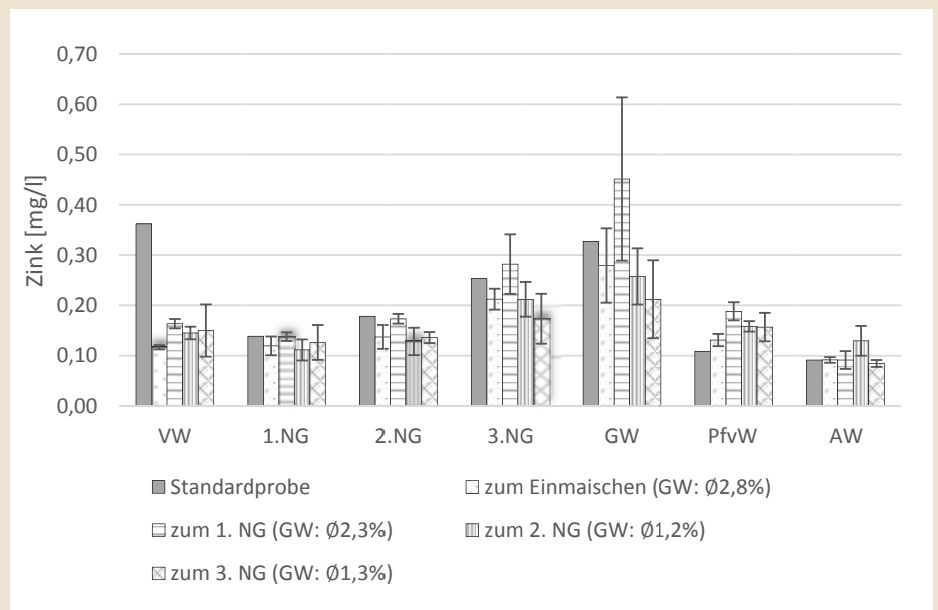
Der Gesamtstickstoff wie auch der koagulierbare Stickstoff und der freie Amino-stickstoff fallen in den Versuchen mit der Glattwasserwiederverwendung höher aus (s. Tab. 1). Einzig beim Versuch zum 2. Nachguss ist der Gesamtstickstoff etwas

niedriger als beim Standardversuch. Die Glattwassergabe unterstützt offensichtlich auch die Proteolyse, aber nicht nur in enzymatischer Hinsicht, sondern wohl auch durch die Modifikation von Lösungseigenschaften. Zu erwähnen ist, dass sich die Aminosäuregehalte sowie deren Verteilung über alle Versuche teils stark unterscheiden. Ein Aspekt, der besonders in Hinsicht auf Aromen und Aromastabilität noch zu überprüfen ist.

### ■ Phenolische Verbindungen

Ein unerwünschter Anstieg der Polyphenole wird bei einer Glattwasserwiederverwendung als negativer Aspekt gesehen. Diese Untersuchungen zeigten einen leichten bis starken Anstieg bei Wiederverwendung (1,2- bis 1,4-facher Anstieg, s. Abb. 4). Trotzdem liegen die Werte der Ausschlagwürze weitgehend innerhalb der üblichen publizierten Werte von 180-250 mg/l [4]. Die Glattwasserverwendung zum 2. Nachguss erbrachte hinsichtlich der Polyphenole noch die günstigsten Werte. In der Abbildung 4 ist schön zu erkennen, dass sich immer nach Zugabe von Glattwasser der Polyphenolgehalt verglichen zu der Standardprobe erhöht. Und, je früher das Zugabezeitpunkt war, desto mehr reicherten sich die Polyphenole in den Zwischenprodukten an. Dieses Muster zieht sich bis zur Ausschlagwürze durch.

Die Anthocyanogene verhielten sich anders. Nur zum Einmischen verwendetes



**Abb. 5** Zinkgehalte in den verschiedenen Prozessschritten nach unterschiedlichen Glattwasserzugaben; der Balken mit dem Schatten zeigt jeweils den Zeitpunkt der Glattwasserzugabe

Glattwasser wies einen deutlich höheren Gehalt auf. Die anderen Versuche blieben in etwa auf dem Niveau der Vergleichssude. Entsprechend war dann der Polymerisationsindex bei den Versuchen zum Einmischen sowie zum 2. Nachguss knapp zwei Zehntel über dem Standard (2,4 bzw. 2,3). Die beiden anderen Versuchsreihen waren signifikant höher (2,8), was auf eine Sauerstoffbelastung hinweisen könnte.

Die Tanninoide nahmen zu, je früher das Glattwasser zum Sud hinzugegeben wurde. Sie bewegten sich jedoch in dem Normbe-

reich für Ausschlagwürze mit 60-100 mg PVP/l [4].

### ■ Zink

Zink ist notwendig für die Hefevermehrung. Daher wurde hier exemplarisch dieses Spurenelement und der Einfluss der verschiedenen Zeitpunkte der Glattwasserwiederverwendung in Abbildung 5 dargestellt. Dabei wird ersichtlich, dass die Versuche mit Glattwassergabe zum 2. Nachguss deutlich höhere Zinkwerte aufwiesen. Einerseits ist der Zinkgehalt in den

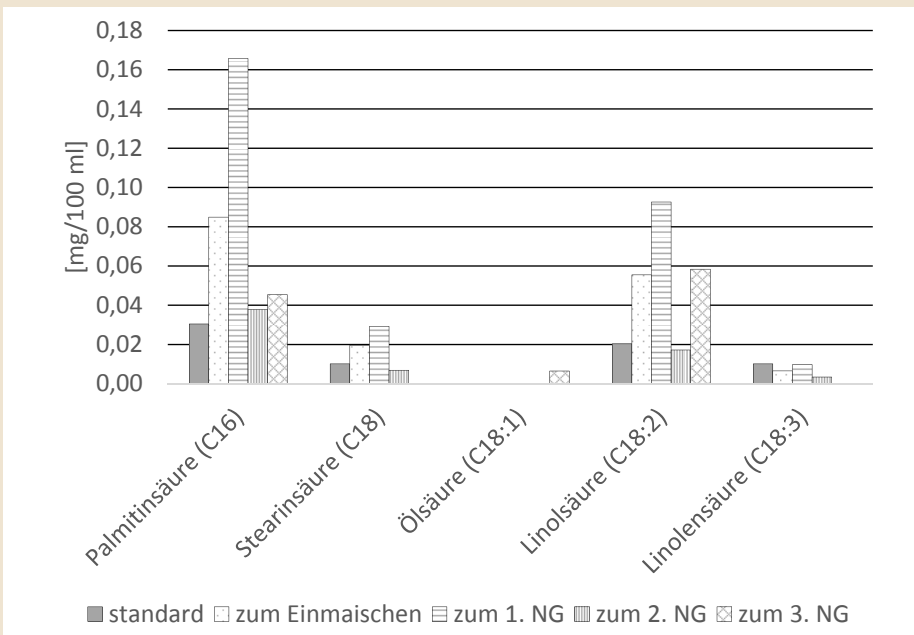


Abb. 6 Gehalte der langkettigen Fettsäuren (C16 - 18) in den verschiedenen Prozessschritten nach unterschiedlichen Glattwasserzugaben

entscheidenden Einfluss auf verschiedene Qualitätsmerkmale der Würze hat (siehe zusammenfassend in Tab. 2).

Das Hauptargument für die Wiederverwendung ist die Gewinnung von Extrakt, was weitestgehend nachvollzogen werden konnte. Bis zu fünf Zehntel konnte mehr Extrakt gewonnen werden; mit Ausnahme der Versuche mit der Glattwasserzugabe zum 2. Nachguss. Diese erbrachte meistens ungünstigere Merkmale, allerdings nicht, was den Gehalt an Fettsäuren und Zink betraf.

Beim Extrakt, speziell bei den Zucker-Verhältnissen wie auch bei den Aminosäureverhältnissen, ist zu beachten, dass die Verteilung teilweise stark verändert ist. Wie stark der Einfluss auf die Gärung und Hefevermehrung sowie auf die Aromaausbildung und deren Stabilität ist, müssen zukünftige Versuche zeigen.

Gegen die Glattwasserwiederverwendung spricht das Argument, dass mehr Gerbstoffe und Fettsäuren übertragen werden. Dies trifft aber nicht auf alle Versuche zu, je später das Glattwasser zugegeben wurde, desto weniger Gerbstoffe wurden übertragen. Zu allen gemessenen gerbstoffseitigen Merkmalen wurden Werte ermittelt, die immer noch im üblichen Rahmen für eine helle Gerstenmalzwürze liegen.

Aus dieser Sicht kann eine Glattwasser-Verwendung sinnvoll sein. Zu beachten ist jedoch, dass gewisse Merkmale sich teils deutlich zueinander verschieben und dass zum Zeitpunkt der Publikation keine Prozessinformationen aus dem kalten Bereich und keine sensorischen Bewertungen vorlagen.

**Literatur**

1. Narziß, L.: „Rohstoffe und Würzebereitung – Erfahrungen und Gedanken“; Vortrag 48. Technologisches Seminar, Weihenstephan 2015.
2. Pahl, R.: „Primärenergieeinsatz versus Malzextraktverlust“, Brauindustrie Nr. 10, 2012.
3. Narziß, L.; Back, W.: Die Bierbrauerei, Band 2: Die Technologie der Würzebereitung; 8. Auflage, 2009, S. 638.
4. Narziß, L.; Back, W.; Gastl, M.; Zarnkow, M.: Abriss der Bierbrauerei, 8. Auflage, 2017, S. 207.
5. Schneiderbanger, H.; Knöpfle, M.; Jacob, E.: „Zinkgenerierung im Rahmen des Reinheitsgebots“; BRAUWELT Nr. 3, 2017, S. 58-61.

**WÜRZEMERKMALE NACH DER GLATTWASSERWIEDERVERWENDUNG\***

	zum Einmischen	zum 1. NG	zum 2. NG	zum 3. NG
Extrakt	höher	höher	niedriger	höher
pH-Wert	niedriger	niedriger	gleich	gleich
EVG	höher	gleich	gleich	gleich
Gesamt-N	höher	höher	gleich	höher
FAN	höher	höher	niedriger	höher
koag. N	höher	höher	höher	höher
Polyphenole	höher	höher	höher	höher
Anthocyanogene	höher	gleich	gleich	niedriger
Tanninoide	höher	höher	höher	höher
Langkettige Fettsäuren	höher	höher	gleich	höher
Zink	gleich	gleich	höher	gleich
Natrium	niedriger	niedriger	höher	niedriger

Tab. 2 \* verglichen mit dem Standardversuch

Glattwässern schon hoch (0,2 - 0,45 mg/l), andererseits ist der pH-Wert für die Zinkfreisetzung günstiger [5].

**Langkettige Fettsäuren**

Die Gehalte der langkettigen Fettsäuren (C16 - C18) waren in den Versuchen sehr unterschiedlich (Abb. 6). Teilweise nahmen sie bei der Wiederverwendung des Glattwassers deutlich zu, teilweise ab oder konnten gar nicht mehr nachgewiesen werden. Auffallend ist hier wieder der Versuch mit

der Gabe zum 2. Nachgusswasser. Die Gehalte sind annähernd wie beim Vergleichsud oder noch geringer. Die erhöhten Werte sind auch dadurch zu begründen, dass das Glattwasser selbst sehr hohe Gehalte der fünf gemessenen Fettsäuren aufwies. Ein Argument, das nicht für den Versuch mit dem 2. Nachguss zutrifft.

**Zusammenfassung**

Diese Arbeit konnte zeigen, dass der Zeitpunkt der Glattwasserwiederverwendung