



Application Note AN-PAN-1036

# Online-Bestimmung der Alkalität und Härte im Prozess- und Nachspeisewasser bei der Bierherstellung

Bier ist ein beliebtes Getränk, das von Millionen von Menschen zum Genuss konsumiert wird. Ursprünglich wurden alkoholische Getränke zur Wasserreinigung entwickelt, da das Trinkwasser aus natürlichen Quellen aufgrund von Verschmutzungen und Krankheitserregern Gesundheitsrisiken barg. Für das Brauen von Bier werden große Mengen Wasser benötigt, das strengen Richtlinien für die Parameter Alkalinität, Härte und pH-Wert folgen muss, um einen einheitlichen Geschmack und ein einheitliches Aussehen bei jeder Charge zu gewährleisten. Die Alkalinität wird durch Karbonate und Hydroxide im Wasser erzeugt, die den pH-Wert anheben und puffern. Die Härte, die zu einem großen Teil durch die

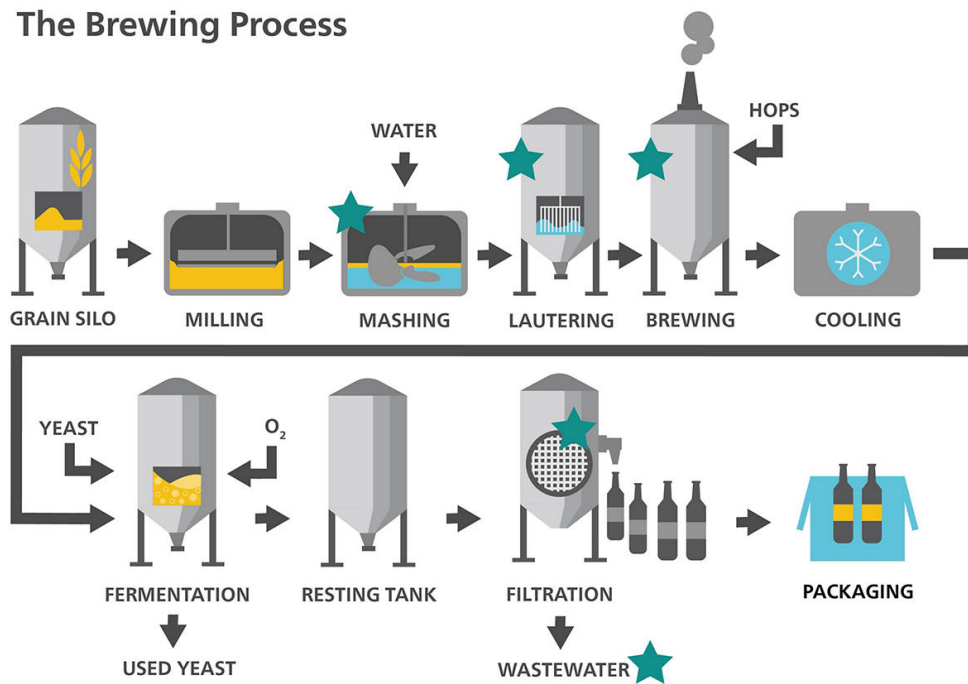
Alkalinität ausgeglichen wird, stammt von Calcium-(Ca) und Magnesiumionen (Mg), die hauptsächlich als Hydrogenkarbonate vorliegen. Je nach Konzentrationsbereich eignen sich der 2035 Process Analyzer oder der 2060 Process Analyzer von Metrohm Process Analytics ideal für die vollautomatische Analyse dieser wichtigen Qualitätsparameter im Prozess- und Nachspeisewasser sowie weiterer Parameter wie pH-Wert oder Leitfähigkeit. Die Analysatoren können der Leitwarte (DCS) der Brauerei signalisieren, die Wasserchemie zu korrigieren, um eine gleichbleibende Produktqualität zu gewährleisten.

## EINFÜHRUNG

Bier ist ein alkoholisches Getränk, das in den meisten Ländern der Welt konsumiert wird. Es wird aus vergorenem, gemälztem Getreide hergestellt und hat einen Alkoholgehalt von 0 bis 12 %. Seine Herkunft ist nicht geklärt, allerdings wird es mit antiken Zivilisationen in Verbindung gebracht, da Rezepte bereits vor Jahrtausenden auf Steintafeln niedergeschrieben wurden. Bevor die heutigen Hygienepraktiken Anwendung fanden, wurden alkoholische Getränke zur Wasserreinigung entwickelt, da das Trinkwasser aus natürlichen Quelle aufgrund von Verschmutzungen und Krankheitserregern Gesundheitsrisiken barg. Das Bierbrauen ist ein intensiver Prozess, der sich in folgende Schritte unterteilen lässt: Mälzen, Schroten, Maischen, Läutern (Trennung und Ausspülen der Spelzen aus der Flüssigkeit, die als Würze bekannt ist),

Kochen der Würze, Gären, Konditionieren, Filtern und schließlich Abfüllen in Flaschen oder Fässer. Jeder Schritt muss ordnungsgemäß kontrolliert werden, um ein einheitliches Endprodukt zu gewährleisten, was die Markenbindung vereinfacht. Die Herstellung von Bier ist mit einem enormen Wasserverbrauch verbunden: Für die Herstellung von einem Liter Bier werden bis zu 300 Liter Wasser benötigt, wobei 94-98 % dieses Wassers für landwirtschaftliche Zwecke bestimmt sind, bevor der Brauprozess überhaupt beginnt. Immer mehr Brauereien ergreifen Maßnahmen, um ihren Wasserverbrauch nachhaltiger zu gestalten, d. h. ihre Prozesse zu optimieren und effizienter zu arbeiten. Zu diesem Zweck müssen die wichtigsten Qualitätsparameter des Brauwassers wie Alkalinität, Härte und pH-Wert bestimmt werden.

## The Brewing Process



**Abbildung 1.** Online-Härteüberwachung während des Brauprozesses (gekennzeichnet durch grüne Sterne).

Die Alkalität im Wasser ist auf das Vorhandensein von Verbindungen wie Karbonaten, Bicarbonaten und Hydroxiden zurückzuführen, die den pH-Wert des Wassers erhöhen und es vor weiteren pH-Änderungen puffern. Härtebestandteile im Wasser

sind in der Regel Calcium- und Magnesiumionen ( $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$ ). Sie liegen hauptsächlich als Hydrogencarbonate und Sulfate oder in seltenen Fällen auch als Chloride vor. Die Härte wird weitgehend durch die Alkalität ausgeglichen.

Die Temperatur und die Zusammensetzung des Wassers, das in den ersten Phasen des Brauprozesses verwendet wird, ist besonders wichtig für eine optimale Extraktion der Stärke aus dem geschroteten Getreide. Temperaturschwankungen während des Maischens können die Fermentierbarkeit der Zucker aufgrund der engen Temperaturspanne (55-72 °C) bei der enzymatischen Umwandlung der Stärke nachteilig beeinträchtigen. Der pH-Wert des Wassers ist nicht nur beim Maischen wichtig, sondern auch beim Läutern, wo ein Teil des Nachspeisewassers für das Einmaischen (Ausspülen des Zuckers aus dem Treber) benötigt wird. Liegt der pH-Wert des Maischwassers oder des Wassers zum Ausspülen über 5,7, verursacht das Endprodukt ein „pelziges“ Mundgefühl aufgrund der übermäßigen Extraktion von Tannin aus den Getreidespelzen. Nach dem Läutern folgt der Kochvorgang, bei dem der Würze (der zuckerhaltigen Vorstufe des Bieres) Hopfen zugesetzt wird. Auch hier können bei einem pH-Wert von über 5,7 überschüssige Gerbstoffe eingebracht werden. Pale Ales werden besonders durch pH-Veränderungen beeinflusst. Pale Ales enthalten keine Röstmalze, die die Maische auf natürliche Weise säuern, so dass der Prozess genauer überwacht werden muss, um den richtigen pH-Wert, die Härte und die Alkalinität zu erreichen.

Um die richtigen Verbindungen zu extrahieren, den pH-Wert innerhalb der Spezifikationen zu halten und über mehrere Chargen hinweg die gleichen Aromen zu brauen, müssen sowohl die Alkalinität als auch die Härte des Prozess- und Nachspeisewassers überwacht und auf dem richtigen Niveau gehalten werden. Die Process Analyzer von Metrohm (**Abbildung 2 und 3**) eignen sich ideal für die vollautomatische Durchführung dieser wichtigen Analysen sowie weiterer Parameter wie pH-Wert oder Leitfähigkeit. Der Prozessanalysator kann einen Alarm an die Anlagensteuerung senden, wenn die Alkalinitäts- oder Härtewerte nicht optimal sind, und so eine Korrektur der Wasserchemie signalisieren, um eine gleichbleibende Produktqualität zu gewährleisten.



---

**Abbildung 2.** 2060 Process Analyzer.

## ANWENDUNG

Dies sind titrimetrische Methoden zur Online-Analyse der Alkalinität und Härte des Prozesswassers und des Nachspeisewassers für Brauereien. Die Alkalinität wird in einer Säure/Base-Titration mit Salzsäure (HCl) und einer Standardlösung unter Verwendung einer kombinierten pH-Glaselektrode bestimmt. Die Ergebnisse werden auf der Grundlage des ersten Wendepunkts berechnet. Die Alkalinität wird in mg/L Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) angegeben. Werden sowohl die freie als auch die Gesamtalkalität gemessen, werden die Werte aus dem ersten und zweiten Wendepunkt ermittelt. Bei der Bestimmung der Härte bilden  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$  bei pH 10 stabile Komplexe mit EDTA. Die potentiometrische Titration wird unter Verwendung einer ionenselektiven Elektrode (Cu-ISE) durchgeführt. Die Ergebnisse werden in mg/L  $\text{Ca}^{2+}$  angegeben. Für die Bestimmung der Gesamt- und  $\text{Mg}^{2+}$ -Härte stehen auch andere Methoden zur Verfügung. Zusätzlich können Inline-pH-Sensoren an den 2060 Process Analyzer angeschlossen werden, um ein vollständig integriertes System zu gewährleisten, das zu einer besseren Prozesskontrolle führt.



Abbildung 3. 2035 Process Analyzer.

Tabelle 1. Brauerei-Messparameter für Wasser

Parameter	Bereich [mg/L]
Alkalität ( $\text{CaCO}_3$ )	0–110
Härte (als $\text{Ca}^{2+}$ )*	8–200

## FAZIT

Alkalität, pH-Wert und Härte spielen während des Brauprozesses eine entscheidende Rolle. Werte außerhalb der Spezifikation beeinträchtigen die Extraktion von Stärke und können den Geschmack des Bieres negativ beeinflussen. Daher ist eine genaue

Überwachung des Prozess- und Nachspeisewassers erforderlich, die durch den Einsatz eines 2060 oder 2035 Process Analyzer von Metrohm Process Analytics in der Brauerei für eine optimale Wasserchemie rund um die Uhr ermöglicht wird.

## ÄHNLICHE ANWENDUNGSHINWEISE

AN-PAN-1029: Peressigsäure (PES) als Desinfektionsmittel für PET-Flaschen

AN-PAN-1031: Wasserstoffperoxid als Entlausungsmittel in Lachsfarmen

AN-PAN-1049: Online-Bestimmung von Bromat und anderen Desinfektionsnebenprodukten in Trink- und Flaschenwasser mit IC

## VORTEILE BEI LAUFENDER TITRATION

- Verbesserte Produktqualität und Fertigungseffizienz
- Sicherstellung der Einhaltung gesetzlicher Vorschriften für Prozess- und Ergänzungswasser
- Erkennen von Prozessstörungen durch automatisierte Analyse



## CONTACT

Metrohm Inula  
Shuttleworthstraße 25  
1210 Wien

[office@metrohm.at](mailto:office@metrohm.at)

## GERÄTEKONFIGURATION



### 2060 Process Analyzer

Der 2060 Process Analyzer ist ein Online-Analysengerät für die Nass-Chemie, das sich für zahlreiche Anwendungen eignet. Dieser Prozessanalysator bietet ein neues Baukastensystem, das eine zentrale Plattform hat, den sogenannten „Basisschrank“.

Der Basisschrank besteht aus zwei Teilen. Der obere Teil enthält einen Touchscreen sowie einen Industrie-PC. Im unteren Teil befindet sich der flexible Nassteil, in dem die Hardware für die eigentliche Analyse untergebracht ist. Wenn die Kapazität des Nassteils aus der Grundausstattung nicht ausreicht, um eine analytische Herausforderung zu bewältigen, kann der Basisschrank auf bis zu vier weitere Nassteilschränke erweitert werden. So lässt sich sicherstellen, dass selbst für die anspruchsvollsten Anwendungen genügend Platz vorhanden ist. Die zusätzlichen Schränke lassen sich so konfigurieren, dass jeder Nassteilschrank zwecks Erhöhung der Betriebszeit des Analysengeräts mit einem Reagenzienschrank, der über eine integrierte (kontaktlose) Füllstandserfassung verfügt, kombiniert werden kann.

Der 2060 Process Analyzer bietet verschiedene nasschemische Methoden: Titration, Karl-Fischer-Titration, Photometrie, Direktmessung und Standardadditionsverfahren.

Zur Erfüllung aller Projektanforderungen (oder all Ihrer Bedürfnisse) sind auch Probenaufbereitungssysteme erhältlich, die eine stabile Analyselösung garantieren. Wir können jedes Probenaufbereitungssystem liefern, unter anderem zum Kühlen oder Heizen, Druckmindern oder Entgasen, Filtrieren und für vieles mehr.



### 2035 Process Analyzer – Potentiometrie

Der 2035 Process Analyzer verwendet für die potentiometrische Titration und ionenselektive Messungen spezielle Titriermittel und Elektroden. Diese Gerätevariante des 2035 Process Analyzers ist zudem geeignet für ionenselektive Analysen mit Hochleistungselektroden von Metrohm. Dieses genaue Standardadditionsverfahren ist ideal für kompliziertere Probenmatrices.

Die potentiometrische Gerätevariante des Analysengeräts bietet unter allen auf dem Markt angebotenen Messverfahren die genauesten Resultate. Mit weit mehr als 1000 bereits verfügbaren Applikationen ist auch die Titration in nahezu allen Industriezweigen eines der meist eingesetzten Verfahren zur Analyse Hunderter von Komponenten und reicht von der Säure-Base-Analyse bis zur Bestimmung der Metallkonzentrationen in Galvanikbädern.

Die Titration ist eine der gängigsten chemischen Absolutmethoden, die heute verwendet wird. Das Verfahren ist unkompliziert und benötigt keine Kalibrierung.

In dieser Konfiguration erhältliche Titrationsvarianten:

- Potentiometrische Titration
- Kolorimetrische Titration mit Lichtleitertechnologie
- Wassergehaltsbestimmung nach der Karl-Fischer-Titrationsmethode