

CORROSIVE

8

Säuren und Basen

Einfluss des pH-Werts auf Umwelt, Industrie und den Menschen

Die Bestimmung des pH-Werts hat in den letzten Jahren immens an Bedeutung gewonnen. In vielen Bereichen ist ohne Bestimmung dieses Parameters nicht mehr auszukommen. In diesem Artikel sollen unterschiedliche Aspekte der Wirkungsweise des pH-Werts in Umwelt und industrieller Produktion vorgestellt werden.

Der pH-Wert beschreibt den sauren oder basischen Charakter einer Flüssigkeit und ist der negative Zehnerlogarithmus der Wasserstoffionen-Aktivität ($\text{pH} = -\lg a_{\text{H}^+}$). Es gibt unterschiedliche Methoden, diesen Wert zu ermitteln.

Von Indikatoren zur pH-Messung

Im 16. Jhd. entdeckte Leonard Thurneysser die unterschiedlichen Verfärbungen des Veilchensaft-

tes mit schwefeliger oder Schwefelsäure. Dieser erste Indikator wurde noch lange Jahre zur Erkennung der Säuren verwendet. Auch heute wird der Farbumschlag von Indikatorfarbstoffen für die pH-Messung eingesetzt und gilt als praktikable Methode. In den 80er Jahren des 18. Jahrhunderts haben Arrhenius und Ostwald die Ionentheorie begründet. Damit gaben Sie Wasserstoff- und Hydroxidionen ihre Bedeutung als Dissoziationsprodukte des Wassers und schufen damit die Grundlage der potentiometrischen pH-Wert-Messung [1]. Die darauf beruhende Methode der elektrochemischen pH-Messung mittels pH-Elektroden gilt als eine der zuverlässigsten und hat sich auf allen Gebieten bewährt. Hierbei baut sich in Abhängigkeit des pH-Werts der Probe eine galvanische Spannung zwischen äußerer und innerer Fläche der Glaskugel der Elektrode auf.

Der pH-Wert im Alltag

Der pH-Wert spielt in vielen Bereichen unseres Alltags eine ausschlaggebende Rolle. Beispiels-

weise ist er für den korrekten Ablauf von bestimmten physiologischen Prozessen wichtig. Unsere Haut etwa hat, ebenso wie unser Blut, einen eigenen pH-Wert-Bereich, der lediglich kleinen Schwankungen unterliegt. Größere Abweichungen können zum Versagen der Körperfunktionen führen.

Enzymsysteme arbeiten pH-abhängig. Ihre Wirkungsweise beruht darauf, dass ihre Quartärstruktur die Bindung des entsprechenden Partnermoleküls zulässt und dadurch dessen Umsetzung zu anderen Verbindungen ermöglicht wird. Die Quartärstruktur und damit die Bindungsfähigkeit ist pH-abhängig, weshalb bestimmte Enzyme auch nur in einem bestimmten pH-Bereich wirksam sind [2]. Um die Physiologie eines Lebewesens aufrecht zu erhalten, ist die Pufferung des Blutes essentiell, da nur damit die korrekte Wirkungsweise des komplexen Enzymsystems sichergestellt werden kann [3]. Diese Vorgänge kann man nur anhand der pH-Messung kontrollieren.

Auch für ökologische Zusammenhänge sind diese Hintergründe von immenser Bedeutung



[4]. Fast vierzig Jahre ist es erst her, dass saurer Regen und dessen Folgen (Abb. 1) zum ersten Mal ausführlich in den Medien diskutiert wurden, obwohl das Phänomen seit mindestens 100 Jahren bekannt ist [3]. In den letzten Jahren konnte man über das Phänomen ‚saurer Regen‘ fast nichts mehr in den Medien hören. Auch ist das damals so medienwirksam in Szene gesetzte Thema in der prognostizierten Form nicht eingetreten. Wenn man sich aber die Waldzustandsberichte [5], welche vom Umweltministerium herausgegeben werden, ansieht, bleibt die Situation nach wie vor kritisch. Die aus diesem Grunde in den Siebzigern eingeführte Kalkung der Böden zur Erhöhung deren pH-Werts wird weiterhin durchgeführt. Die Übersäuerung bringt Spurenelemente in Lösung (z.B. Aluminium), die erhebliche Schädigung der Pflanzen verursachen können [6].

Ursache des sauren Regens

Chemische Grundlage des sauren Regens ist die Umsetzung von SO_2 zu Schwefelsäure bzw. NO_x zu Salpetersäure in der Atmosphäre und damit die Versauerung des Regenwassers. Die damals in Deutschland verbindlich eingeführte Rauchgasentschwefelung für industrielle Anlagen ab 1974 [7] hat zwar Früchte getragen, da weniger SO_2 in die Luft gelangte und damit weniger Schwefelsäure entstehen konnte (Abb. 2). Dennoch werden immer noch u. a. historische



Abb. 1: Waldsterben durch sauren Regen.
© tossi66 - Fotolia.com

Gebäude durch Regen mit niedrigem pH-Wert in der Bausubstanz angegriffen. Hier könnte man vermuten, dass dieses Phänomen lediglich von nationaler Bedeutung sei und jedes Land seinem eigenen sauren Regen ausgesetzt ist. Dies ist aber nicht der Fall, da die Bildung des sauren



Abb. 2: Industrieanlagen verursachen sauren Regen.
© Blickfang - Fotolia.com

Regens in der Atmosphäre abläuft und damit ein globales Problem darstellt [1].

In der Umwelt können jedoch auch regional begrenzte Probleme auftauchen, wie beispielsweise ein auf dem Rhein auf Grund gelaufenes Schiff. So geschehen mit dem Tankerschiff

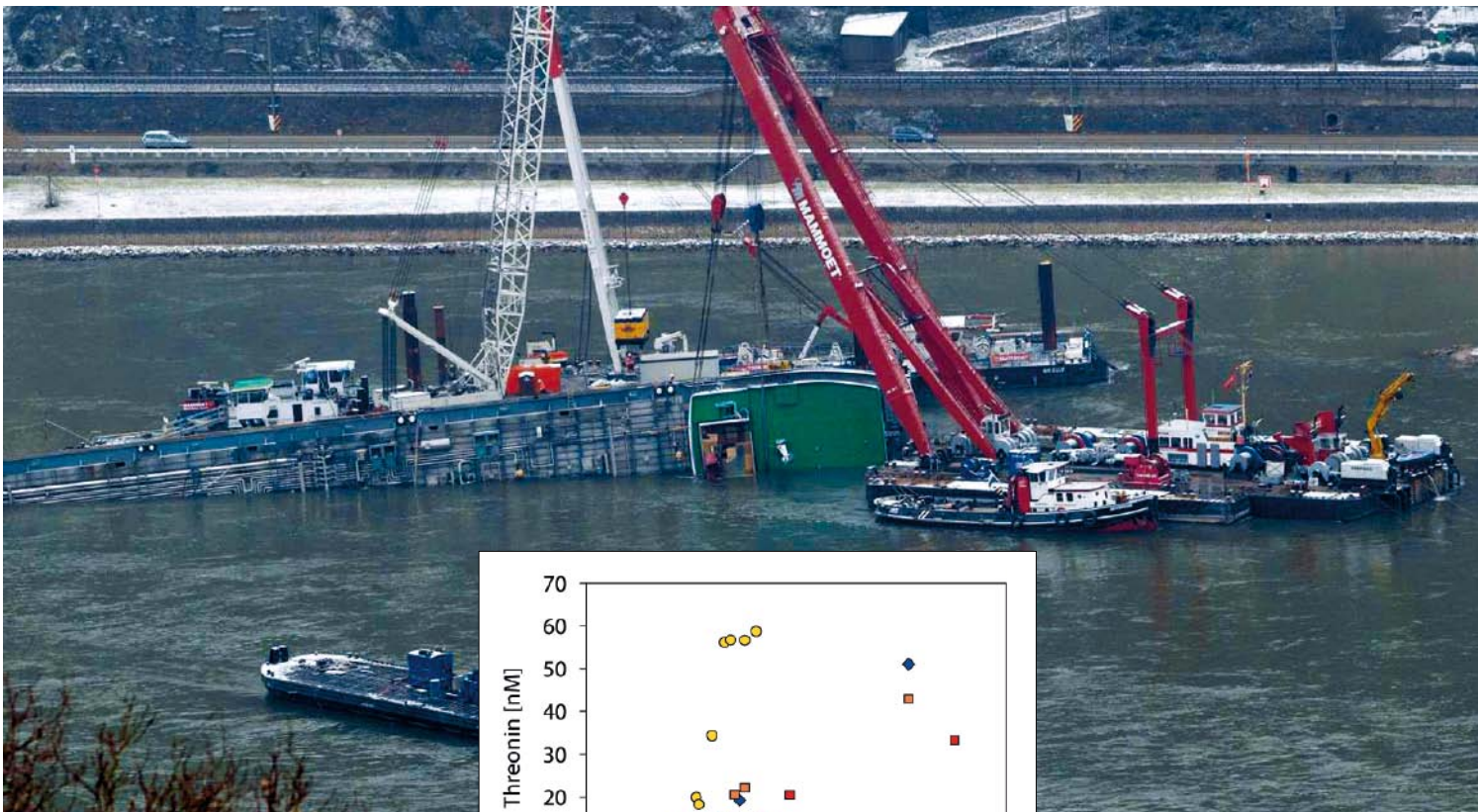


Abb. 3: Die gekenterte TMS Waldhof

„Waldhof“ nahe der Loreley im Januar 2011 (Abb. 3). Dieses Tankerschiff war mit 2400 Tonnen konzentrierter Schwefelsäure beladen, welche bei einem unkontrollierten Auslaufen eine beträchtliche Schädigung der Flora und Fauna des Rheins sowie auch der Bevölkerung bedeutet hätte. Um einen größeren Schaden zu vermeiden wurden 850 Tonnen kontrolliert in den Rhein abgelassen, was zu keiner nennenswerten Schädigung, aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeit des Rheines von 2 m/s und damit zu einer schnellen Neutralisation der Säure, führte. Dieser Vorgang konnte anhand von ständiger pH-Wert-Überwachung mittels hochsensibler Messgeräte überwacht und bemessen werden [8].

Der pH-Wert in der Industrie

Als weiteres Beispiel für den hohen Stellenwert der pH-Messung kann die Bestimmung des pH-Wertes in der chemischen Produktion genannt werden.

Essentielle Aminosäuren sind als Nahrungsergänzungsmittel oder als Futterzusatzstoff bei der Tierhaltung von Bedeutung. In einer wissenschaftlichen Untersuchung [9] konnte die große Bedeutung des pH-Wertes auf die biotechnologische Effizienz der Threonin-Produktion ermittelt werden. In der chemischen Synthese würden aufgrund der Stereoisomerie des Threonins die verschiedenen Modifikationen und nicht nur die ausschließlich gewünschte L-Form entstehen. Eine anschließende Aufreinigung wäre nicht nur sehr aufwendig und somit auch teuer, sondern zudem auch nicht zu 100 % sicher.

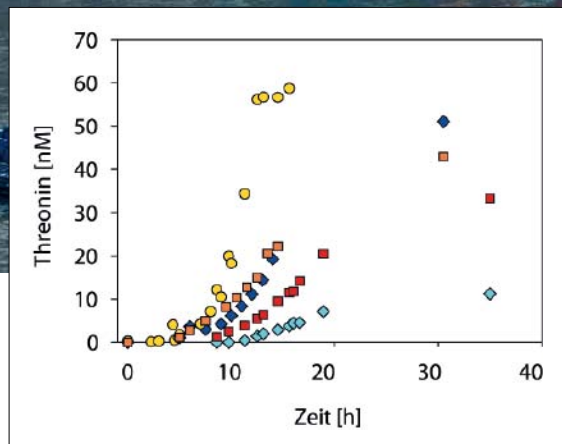


Abb. 4: Threonin-Produktion während der Kultivierung bei pH 7 (●) bzw. nach pH-Wert-Veränderungen auf 5,5 (◇), 6 (◇), 8 (■) oder 8,5 (■). Verändert übernommen aus [9].

Die bakterielle Synthese ist enantiomerenrein und damit deutlich günstiger in der Produktion. Die in der biotechnologischen Threonin-Produktion eingesetzten *Escherichia coli* Bakterienstämme verfügen über eine ausgeprägte Fähigkeit zur pH-Homöostase, die es dem Bakterium ermöglicht, den eigenen pH-Wert konstant in einem Bereich von pH 7-7,5 zu halten, was dem pH-Optimum von Bakterien entspricht. Aber die Wachstumsfähigkeit und die Threonin-Produktion werden nicht nur vom internen, sondern auch vom externen pH-Wert des Bakteriums bestimmt. Wird der pH-Wert der umgebenden Lösung bereits vorher auf einen pH-Wert von 5,5 oder 8,5 eingestellt, so ist die Threonin-Produktion um 20–50 % vermindert [9]. Somit ist die Einhaltung eines bestimmten pH-Bereiches für die Effizienz der Produktion von immenser Bedeutung. Auch in diesem Fall ist eine exakte Überwachung des pH-Wertes anhand von verlässlichen und genauen Geräten unverzichtbar, um eine Optimierung der Ergebnisse zu gewährleisten.

Zusammenfassung

Wie in diesem Beispiel bereits veranschaulicht wurde, ist die Produktion von bestimmten Stoffen bei Bakterien pH-abhängig. Nur geringe Änderungen des pH-Werts in Umwelt, Industrie oder im menschlichen Körper können drastische

Folgen haben, wenn man sie nicht erkennen und steuern kann.

Literatur

- [1] Galster H. (Hrsg.): pH-Messung, Wiley-VCH, Weinheim, (1990)
- [2] Voet D. und Voet J. G. (Hrsg.): Biochemie, Wiley-VCH, Weinheim (1994)
- [3] Römpp Chemie Lexikon, 9. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart (1989)
- [4] Bick H. (Hrsg.): Ökologie, Gustav Fischer Verlag, Jena, (1989)
- [5] Waldzustandsbericht 2011: <http://goo.gl/I36tX>
- [6] <http://goo.gl/61ASt>
- [7] Fritz W. und Kern H. (Hrsg.): Reinigung von Abgasen, 3. Auflage, Vogel, Würzburg (1992)
- [8] <http://goo.gl/JThov>
- [9] Nettekoven J.A.: Dissertation, Köln (2008)

Autoren

Helmut Becker, Dr. Iris Sound und Matthias Fragata, SI Analytics GmbH

► KONTAKT

Matthias Fragata
SI Analytics GmbH
Mainz
Tel.: 06131/66-5102
Fax: 06131/66-5001
www.si-analytics.COM