

# Der Blutpuffer

## Anwendung zu Puffersystemen



LNCU.de  
ID 22770  
CC-BY-SA 4.0  
Online abrufen



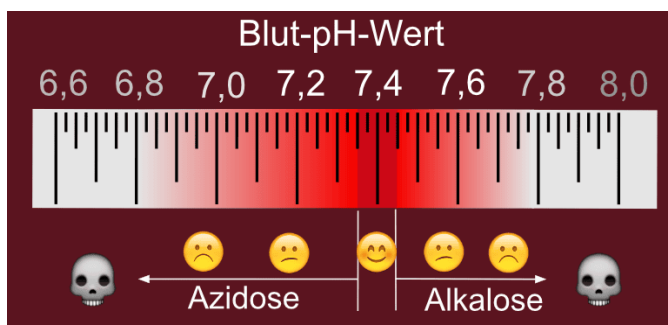
Die Funktionsfähigkeit unseres Körpers hängt u.a. davon ab, dass der pH-Wert der Körperflüssigkeiten – und dazu gehört auch das Blut – in einem bestimmten Bereich gehalten wird.

Der ideale Blut-pH-Wert liegt in einem Bereich von 7,35 bis 7,45. Da im Blut verschiedenste Stoffe (z. B. Kohlenstoffdioxid, Aminosäuren, siehe **Abb. 1**) transportiert werden, die sich auch auf den pH-Wert auswirken können, sind verschiedene Pufferkomponenten im Blut vorhanden.

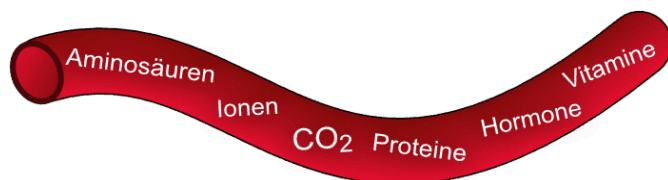


Kritische Blut-pH-Werte sind verantwortlich für zwei medizinische Krankheitsbilder: Die **Azidose** und **Alkalose**. Beide Krankheitsbilder sind noch nicht lebensbedrohlich, aber sie belasten den Körper, weil dadurch vielfältige Stoffwechselprozesse nicht mehr optimal funktionieren (siehe **Abb. 2**).

### M1 Der Blut-Puffer



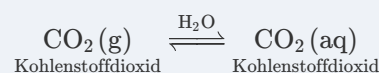
**Abb. 1:** pH-Wert-Bereiche im Blut. <sup>1</sup>



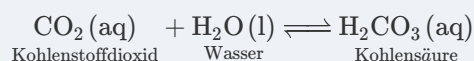
**Abb. 2:** Schematische Darstellung ausgewählter Blutbestandteile. <sup>2</sup>

Ein wichtiges Puffersystem des Blutes neben anderen ist das Kohlensäure/Hydrogencarbonat-System ( $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$ ). Es macht etwa 75 % der Pufferkapazität aus. Folgende Gleichgewichte werden an den verschiedensten Stellen immer wieder gestört, z. B. beim Durchfluss des Blutes durch die **Lunge**, durch das **Muskelgewebe**, durch die **Bauchspeicheldrüse** (Pankreas) oder die **Niere**:

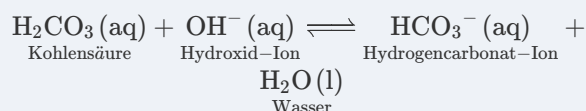
#### 1 Gleichgewicht 1



#### 2 Gleichgewicht 2



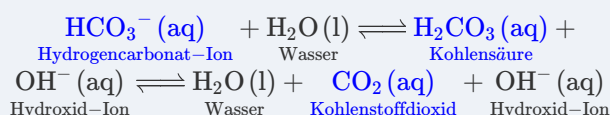
#### 3 Gleichgewicht 3



Das zweite Gleichgewicht stellt sich in wässrigen Lösungen nach Störungen ohne Katalysator zudem immer wieder nur sehr langsam ein. Im menschlichen Körper sorgt allerdings das Enzym **Carboanhydrase** dafür, dass die Gleichgewichtseinstellung enorm beschleunigt wird. An jedem Enzymmolekül kann die Reaktion bis zu 100000 Mal pro Sekunde stattfinden. Damit ist die Carboanhydrase eines der aktivsten bekannten Enzyme.

Betrachtet man die Gleichgewichte, so erkennt man, dass diese miteinander verknüpft sind:

#### 4 Die Gleichgewichte sind miteinander verknüpft





## Aufgaben

- Beschreiben** Sie die Pufferwirkung des Kohlensäure/Hydrogencarbonat-Systems gegen Oxonium-Ionen oder Hydroxid-Ionen unter Angabe geeigneter Reaktionsgleichungen.
- Im Blut des Menschen liegt bei einem pH-Wert von 7,4 eine Hydrogencarbonat-Konzentration von 24 mmol/L vor. **Berechnen** Sie die Konzentration der Kohlensäure im Blut. **Hinweis:**  $pK_s(\text{HCO}_3^-) = 10,4$  |  $pK_s(\text{H}_2\text{CO}_3) = 6,52$
- Beurteilen** Sie anhand des in **2** ermittelten Verhältnisses der Konzentrationen von Kohlensäure zu Hydrogencarbonat die Eignung dieses Puffersystems sowohl zum Abfangen von Säuren als auch von Basen.
- Speichern** Sie **Abb. 4** auf ihr Endgerät, **ergänzen** Sie diese sinnvoll mit Erläuterungen für die übrigen Organe analog zum Muskel in **M3**. **Stellen** Sie dabei unter Verwendung von **M2** stets die Auswirkungen der Stoffwechselvorgänge auf das Kohlensäure/Hydrogencarbonat-Puffergleichgewicht und damit auf den Blut-pH-Wert argumentativ **dar**.
- Erstelle ein Erklärvideo unter Berücksichtigung der Punkte in **M4**.

### M2 Einflüsse auf den Blut-pH-Wert



Abläufe an ausgewählten Stellen im Körper verdeutlichen die Störungen und die Notwendigkeit des Kohlensäure/Hydrogencarbonat-Puffers. Zugleich verringern oder erhöhen sie teilweise dessen Kapazität.

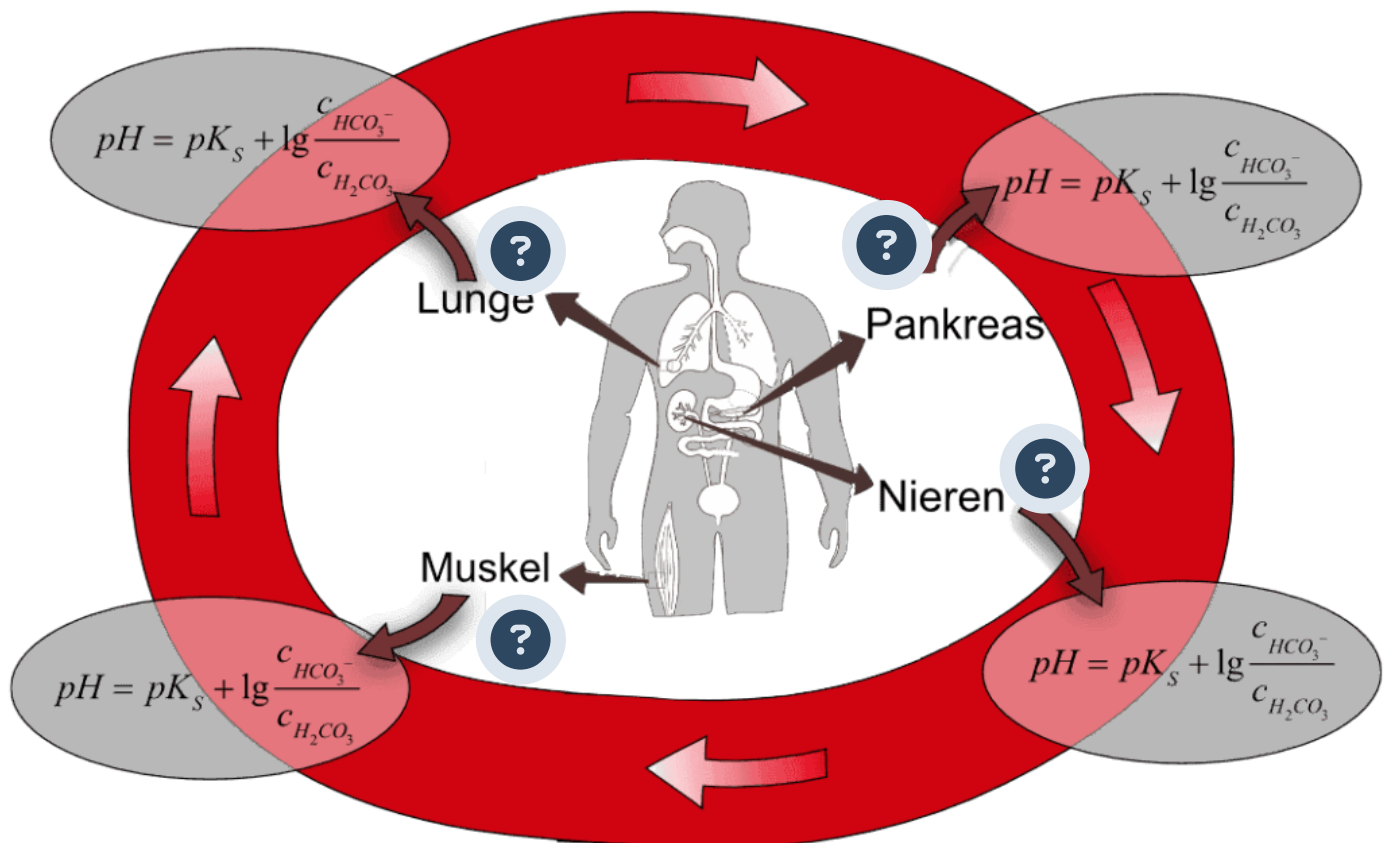


Abb. 3: Beispiele für Einflüsse auf den Blut-pH-Wert. <sup>3</sup>

### M3 Detaillierte Erläuterung am Beispiel der Muskeln

Das Puffersystem im Blut sorgt für einen leicht alkalischen pH-Wert von 7,4, weil Hydrogencarbonat mit einer Konzentration von

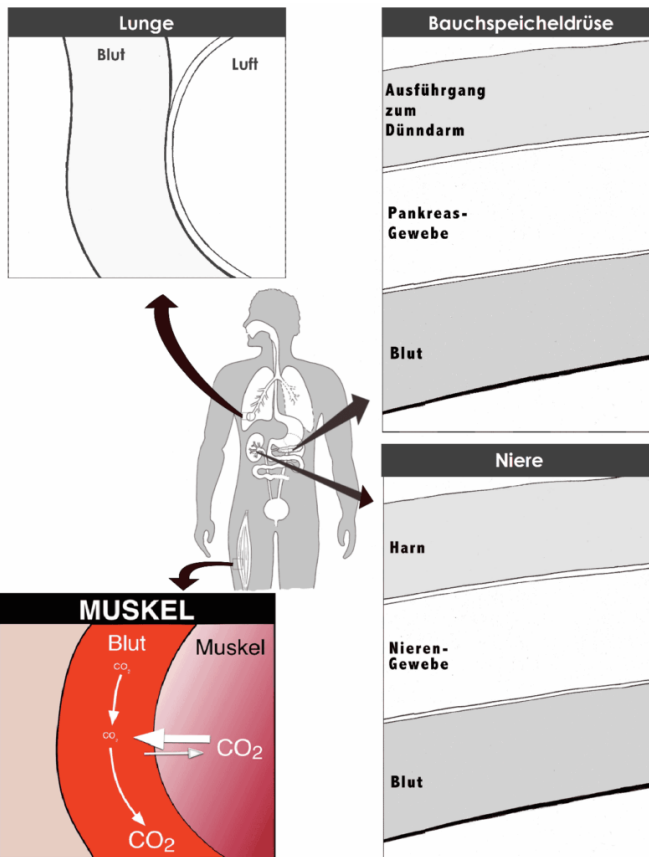


Abb. 4: Vorlage zur Detaildarstellung für die Einflüsse auf den Blut-pH-Wert. 4

24 mmol/L im Vergleich zur Kohlensäure-Konzentration ( $c = 3,16$  mmol/L) deutlich im Überschuss vorliegt:

Puffersystem mit ca. pH 7,4 (also leicht alkalisch):

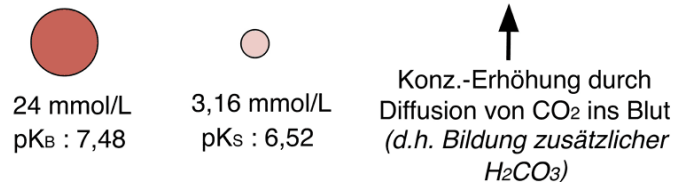
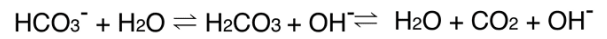


Abb. 5: Blick auf die Gleichgewichtslage im Muskel. 5

Das im **Muskelgewebe** erzeugte Kohlenstoffdioxid diffundiert ins Blut und erhöht dort die Konzentration der Kohlensäure. Ein Teil davon reagiert zu **zusätzlichem** Hydrogencarbonat. Folglich verändert sich das Konzentrationsverhältnis von Hydrogencarbonat zu Kohlensäure nur geringfügig. Der pH-Wert sinkt nach der Gleichung von Henderson und Hasselbalch ebenfalls kaum:

$$\text{pH} = \text{pK}_s + \lg \frac{c_{\text{HCO}_3^-}}{c_{\text{H}_2\text{CO}_3}} \Rightarrow \text{pH} = \text{pK}_s + \lg \frac{c_{\text{HCO}_3^-}}{c_{\text{H}_2\text{CO}_3}}$$

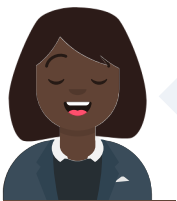
2,4 vorher < nachher  
 3,46 vorher < nachher

Abb. 6: Henderson-Hasselbalch-Gleichung zur Veränderung des pH-Wertes. 6



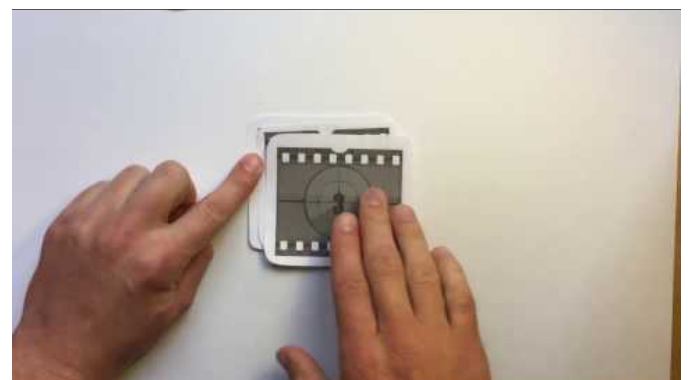
Die Argumentation lässt sich übertragen und fortführen: In der **Lunge**, ... in der **Bauchspeicheldrüse**, ... in der **Niere** ...

## M4 Ein Erklärvideo erstellen



Professor Harald Lesch hat einmal gesagt: „Leben ist ein sich selbst organisierendes, dissipatives Nichtgleichgewichtssystem“

- Übersetzen** Sie diesen Satz zunächst einmal in eine sowohl für Sie selbst als auch für Lernende der Jahrgangsstufe unter Ihnen (NRW: Einführungsphase, Stufe 11, Kenntnis von Gleichgewichten sind vorhanden) verständliche Sprache, in dem Sie die verwendeten Begriffe ggf. **recherchieren** und dann **umschreiben**.
- Machen** Sie sich **bewusst**, inwiefern das vereinfachte Modell des Blut-Puffer-Systems ein passendes Beispiel für diese Aussage ist.
- Erstellen** Sie basierend auf Ihren Überlegungen in einer Kleingruppe ein Erklärvideo zu diesem Satz mit dem Beispiel „Blut-Puffer-System“. **Nutzen** Sie dabei gerne den „Legetrick-Stil“ bzw. die „Legetrick-Technik“.



Video 1: Youtube – Lege-Trick-Technik.

| Sachkompetenz (hier Gleichgewichte, chemische Reaktionen, Energie, Puffer)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Kommunikationskompetenz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Sonstiges                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sie benennen/ beschreiben/ erklären/ zeigen/ erläutern das Puffersystem im Blut als System chemischer Reaktionen auf Stoff- und Teilchenebene überzeugend, auf hohem Niveau, klar, fundiert, angemessen, weitgehend zum Teil, eingeschränkt, abgesehen von Mängeln hinsichtlich ...                                                                                                                                                    | Sie nutzen überzeugend, gut, angemessen, eingeschränkt, nicht geeignete, falsche Darstellungsformen für chemische Sachverhalte, überführen diese ausgezeichnet, korrekt, passabel, widersprüchlich, in keiner Weise angemessen nicht ineinander und präsentieren ihre Arbeitsergebnisse optimal, gut, lückenhaft, widersprüchlich, in keiner Weise angemessen. | Sie recherchieren zu chemischen Sachverhalten zielgerichtet, wählen relevante und aussagekräftige Informationen aus und erschließen diese aus verschiedenen, auch komplexen Darstellungsformen. |
| Sie benennen/ beschreiben/ erklären/ zeigen/ erläutern die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen und die Dynamik des Gleichgewichts sowie Störungen an ausgewählten Orten und Beispielen ausgezeichnet, bestmöglich, gut, korrekt, passabel, überwiegend, lückenhaft, widersprüchlich, in keiner Weise angemessen nicht.                                                                                                                 | Dabei verwenden Sie die Fachbegriffe und -sprache in vollem Umfang, meist, teilweise, oftmals nicht korrekt                                                                                                                                                                                                                                                    | Sie reflektieren die eigenen Ergebnisse und den eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung                                                                                                         |
| Auf diese Weise zeigen/ erläutern Sie die Wirkung des Puffersystems sowie die Einflüsse und Störungen, ggf. auch den Zusammenhang von Reaktionen und Energie eindrucksvoll, im vollen Maße, im Großen und Ganzen, oberflächlich, nicht und stellen deren Einwirkungen auf den pH-Wert anhand der Henderson-Hasselbalch-Gleichung hervorragend, überzeugend, effektiv, zufrieden stellend, noch akzeptabel schwach, schlecht, nicht dar | Dabei argumentieren Sie fachlich schlüssig und stellen als Fazit den Sachzusammenhang zwischen dem ausgewählten Zitat (selbst organisierendes, dissipatives Nichtgleichgewichtssystem) und den skizzierten Sachverhalten deutlich, klar, hinlänglich, eingeschränkt, unvollständig, schlecht, nicht durchdacht, falsch, nicht her.                             | ...                                                                                                                                                                                             |

[1] Ministerium für Schule und Bildung NRW (MfS) (2022): Kernkompetenzen für die Lehrkräfte II Gymnasien / Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen, Chemie.  
[2] Hochschullehrerinnen und -lehrer (HfL) (2022): <https://www.hochschullehrerinnen-und-lehrer.de/>

Tab. 1: Kompetenztableau.

## V1 Modellversuch zum Blutpuffer mit Mineralwasser

### Materialien

- Schutzbrille 
- 4 Spritzen a 50 mL
- 2 Dreiweghähne

### Chemikalien

- Mineralwasser
- Leitungswasser
- Kohlenstoffdioxid
- Universalindikator 
- Natronlauge 

Ein dem Kohlensäure/Hydrogencarbonat-Puffer des Blutes ähnliches System lässt sich aus Gerolsteiner Mineralwasser herstellen. Die Hydrogencarbonat-Ionen-Konzentration beträgt laut Etikett 1816 mg/L, was 29,77 mmol/L entspricht. Der pH-Wert beträgt etwa 6, d.h. die Konzentration der Kohlensäure ist deutlich größer als im Blut (ca. 100 mmol/L). Durch Zugabe von etwas Natronlauge kann der pH-Wert auf 7 angehoben werden. Abgesehen von den etwas höheren Konzentrationen der Pufferkomponenten liegt dann ein passables Puffermodell vor.

### Aufbau

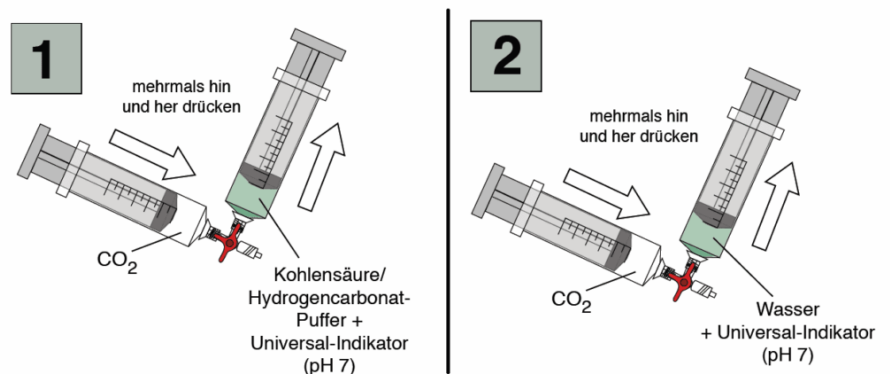


Abb. 7: Aufbau des Versuchs <sup>7</sup>

### Durchführung

- Ca. 20 mL Mineralwasser werden in ein Becherglas gegeben und wenige Tropfen Universalindikator hinzugefügt, bis eine gut sichtbare Färbung eintritt. Sollten Sie schon über Indikatoren gesprochen haben, können Sie auch einen passenden Zweifarbenindikator auswählen.
- Nun gibt man tropfenweise Natronlauge hinzu, bis ein pH-Wert von ca. 7 erreicht ist.
- Die Modell-Puffer-Lösung wird in eine 50 mL Spritze aufgezogen (s. Abb. 7) und aus einer weiteren Spritze wird über einen Dreiweghahn Kohlenstoffdioxid hinzugefügt. Der Inhalt kann zur besseren Durchmischung mehrfach hin- und hergeschoben werden.
- Zum Vergleich wird in einem weiteren Ansatz der Versuch analog mit Leitungswasser durchgeführt, dem lediglich Universalindikator hinzugefügt wurde.



- 6 Enorm gefährlich ist die Bildung von Gasblasen im Blut, die zur Verstopfung von Blutgefäßen führen kann und medizinisch als **Embolie** bezeichnet wird. **Diskutieren** Sie in diesem Zusammenhang die Bedeutung der **Carboanhydrase** und die Bedeutung des leicht alkalischen pH-Wertes des Blutes.
- 7 **Erklären** Sie, weshalb eine erhöhte Atem- und Herzschlagfrequenz bei einer verstärkten Muskelaktivität dazu beiträgt, den Blut-pH-Wert konstant zu halten.
- 8 Bei einer sogenannten Hyperventilation atmen betroffene Personen durch hechelnde Atmung mehr Kohlenstoffdioxid aus als bei normaler Atmung. **Benennen** Sie die Auswirkung der Hyperventilation auf den Blut-pH-Wert und **erklären** Sie, wieso als Gegenmaßnahme ein Ein- und Ausatmen in eine Plastiktüte vorgeschlagen wird, bis sich die Atmung wieder normalisiert hat.
- 9 Der Verzehr saurer Nahrung führt an verschiedenen Stellen zu einer Veränderungen des pH-Werts im Körper. Laut [Quarks.de](https://www.quarks.de) ist dies aber kein Grund zur Panik. <sup>8</sup>
- a **Erklären** Sie basierend auf [M2](#) und [M3](#), weshalb bei der Aufnahme saurer Nahrung der pH-Wert des Urins sinkt, obwohl die aufgenommenen Säuren nicht direkt in den Urin gelangen.
- b Dialysepatienten wird empfohlen, stark saure Nahrung möglichst zu meiden – **begründen** Sie diese Empfehlung!
- 10 Anhaltende Durchfallerkrankungen, bei denen der Dünndarminhalt ständig ausgeschieden wird (nicht aber der Mageninhalt), führen zu einer **Azidose** des Blutes. **Erklären** Sie dieses Phänomen!

## Einzelnachweise

- 1 Andreas Böhm, 2018
- 2 Andreas Böhm, 2018
- 3 Andreas Böhm, 2018
- 4 Andreas Böhm, 2018
- 5 Andreas Böhm, 2018
- 6 David Weninger, 2023 nach Andreas Böhm, 2018
- 7 Andreas Böhm, 2018 und 2023
- 8 „Darum sind viele Säure-Base-Kuren Quatsch, online zuletzt abgerufen am 21.11.2023 unter <https://www.quarks.de/gesundheit/ernaehrung/darum-sind-viele-saeure-basen-kuren-quatsch/>