

Warum sind Säuren und Basen so wichtig?



- Wasser ist die Existenzgrundlage
- Der Säuregrad ist lebenswichtig
- Was sind Säuren, was sind Basen?
- Warum der pH-Wert so wichtig ist
- Das Leben liebt es neutral
- Puffersysteme verhindern starke Änderungen des pH-Wertes
- Das wichtigste Puffersystem

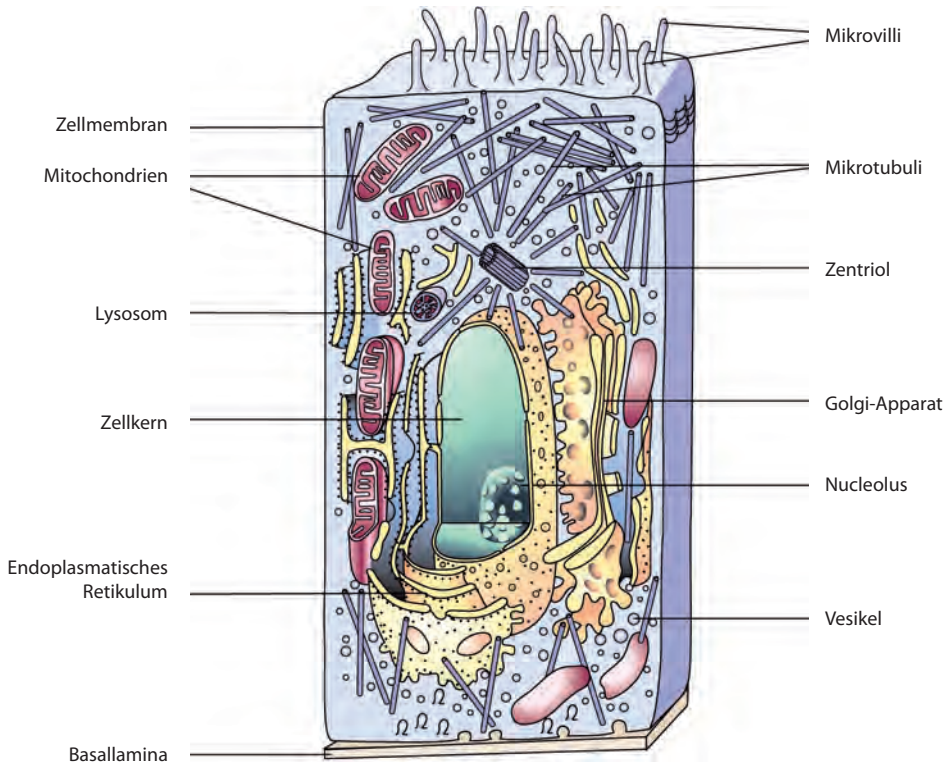
Wasser ist die Existenzgrundlage

„Das Prinzip aller Dinge ist das Wasser; aus Wasser ist alles und ins Wasser kehrt alles zurück.“

Thales von Milet, 400 v. Chr.

Der menschliche Körper besteht zu 60 bis 70 %, manche Gemüse und Früchte zu mehr als 90 % aus Wasser.

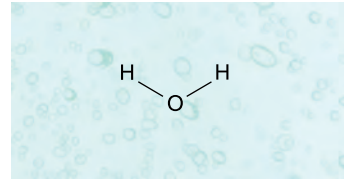
Alles Leben auf Erden beruht auf Zellen; sie sind die grundlegende Einheit des Lebens. Jede Zelle beinhaltet eine wässrige Lösung, lebt in einem wässrigen Milieu und wird von einer Zellmembran umschlossen, durch die sie von ihrer Umgebung und von anderen Zellen getrennt ist. Die Zellmembran ist eine Art dünne Fettschicht, die den wässrigen Zellinhalt nach außen wasserdicht abschließt. Es gibt einzellige Organismen wie Bakterien, Pilze und Protozoen und vielzellige wie Tiere und Menschen. Das Aussehen einer Zelle kann man sich gut veranschaulichen, wenn man sich ein prall mit Wasser gefülltes Plastiksäckchen vorstellt. Entfernt man Wasser restlos aus lebenden Zellen oder ihrer Umgebung, kommen alle Lebensvorgänge zum Stillstand; ohne Wasser ist Leben nicht möglich.



Der Säuregrad ist lebenswichtig

Haben Sie gewusst, dass in einem Menschen mit 75 kg Körpergewicht 50 Liter Wasser stecken? Und das aus gutem Grund, denn der gesamte Stoffwechsel in unserem Organismus braucht ein wässriges Milieu, um einwandfrei zu funktionieren.

Mehrere Eigenschaften des wässrigen Milieus einer Zelle sind für ihre Lebensvorgänge wichtig. Dazu zählen Temperatur, Salzgehalt, Gehalt an Nährstoffen und der Säuregrad. Das Säure-Basen-Gleichgewicht ist daher für den ordnungsgemäßen Ablauf der Stoffwechselaktivitäten des Körpers von entscheidender Bedeutung.



Molekülmodell von Wasser

Was sind Säuren, was sind Basen?

Ein saurer Geschmack hat wenig damit zu tun, was die Chemie unter „sauer“ versteht.

Die chemische Formel für Wasser ist H_2O , d.h., es sind zwei Wasserstoffatome an ein Sauerstoffatom gebunden.

In wässrigen Systemen reagieren ständig Wassermoleküle miteinander, wobei das eine (die Säure) ein Wasserstoffion abgibt, das andere (die Base) eines aufnimmt. Die so entstandenen Ionen reagieren sofort unter Bildung von Wassermolekülen, wenn sie aufeinander treffen. Daher sind sie im reinen Wasser immer nur in winzigen Mengen vorhanden: Es herrscht ein Gleichgewicht. Reines Wasser ist weder sauer noch basisch, sondern neutral.

Säuren sind Substanzen, die Wasserstoffionen (H^+ -Ionen) abgeben.



Basen sind Substanzen, die OH^- -Ionen abgeben oder H^+ -Ionen aufnehmen können.

Wasser ist sowohl eine schwache Säure als auch eine schwache Base.

Warum der pH-Wert so wichtig ist

Der pH-Wert gibt an, wie sauer oder basisch eine wässrige Lösung ist. „p“ bedeutet dabei „negativer Logarithmus“ und „H“ steht für den Wasserstoff. Im Allgemeinen wird eine pH-Skala von 0 bis 14 zur Angabe des Säuregrades einer wässrigen Lösung verwendet. Auf dieser Skala entspricht pH 7 einer neu-

Der pH-Wert zeigt, wie sauer oder basisch eine Lösung ist.



tralen Lösung, pH-Werte unter 7 sauren, über 7 alkalischen Lösungen. Lösungen im pH-Bereich 0 bis 2 sind stark sauer, solche im pH-Bereich 12 bis 14 stark basisch oder stark alkalisch. Extrem saure Lösungen können auch negative pH-Werte, extrem basische pH-Werte über 14 haben. Derartige Systeme liegen jedoch außerhalb des Bereichs, in dem sich Lebensvorgänge abspielen.



Verschiedene pH-Werte und ihre ungefähren Entsprechungen	
0	konzentrierte Salzsäure, Batteriesäure
1	Magensaft, Sanitärreiniger
2	Zitronensäure, Rostentferner
3	Speiseessig, Zitronenlimonade
4	Cola, Sauerkraut, diverse Fruchtsäfte
5	menschliche Haut, Sauermilch, Mineralwasser, Bier
6	Milch, Speichel
7	chemisch reines Wasser, Neutralreiniger
8	gesunder menschlicher Dünndarm
9	Allzweckreiniger
10	Grundreiniger für Linol-, Kautschuk- und Gummiböden
11	Grundreiniger für PVC
12	starker Grundreiniger für PVC
13	Schmierseife, Industriereinigungsprodukte
14	Rohrreinigungsprodukte, Grillreiniger

Mit pH-Indikatorpapieren kann der Säuregrad einer Lösung abgelesen werden.

In Apotheken sind pH-Indikatorstäbchen erhältlich, die man in Lösungen eintauchen kann. Die darauf befindlichen Farbindikatoren verfärben sich je nach pH-Wert, sodass man durch Vergleich mit der pH-Skala ungefähre pH-Werte ablesen kann. Für Messungen im Zusammenhang mit dem Säure-Basen-Haushalt (zum Beispiel Messung von Harn-pH-Werten) sind Spezial-Indikatorpapiere im Bereich 4 bis 9 gut geeignet.

Ob Flüssigkeit oder Gewebe, jeder Körperteil hat seinen eigenen individuellen pH-Wert. Der Magen hat es mit einem Wert von 1 bis 2 beispielsweise gerne sauer, denn nur in diesem Milieu kann der Eiweißspalter Pepsin ganze Arbeit leisten. Im Dünndarm liegt der pH-Wert bei 8, also in einer basischen Umgebung, weil nur dann die Verdauungssubstanz Trypsin ihre beste Wirkung entfaltet. Werden diese Werte über einen längeren Zeitraum über- oder unterschritten, so beginnt das fein abgestimmte Gleichgewicht im Organismus aus dem Ruder zu laufen – der Mensch wird krank.

Das Leben liebt es neutral

Zellen benötigen zur Aufrechterhaltung ihrer Lebensvorgänge bestimmte chemische Strukturen wie Proteine (Eiweißstoffe), Nukleinsäuren, Lipide und Polysaccharide, allesamt „große“ Moleküle, so genannte Makromoleküle. Um im Körper ihre Aufgaben erfüllen zu können, benötigen sie fast immer wässrige Systeme im Neutralbereich, d.h. einen pH-Wert, der nicht viel niedriger und nicht viel höher ist als 7. Bei pH-Werten unter 4,5 oder über 9 findet die so genannte Denaturierung statt; dabei verändern die meisten Makromoleküle ihre Struktur und verlieren ihre Funktionsfähigkeit. Bei pH-Werten unter 2 oder über 12 werden die meisten Makromoleküle chemisch verändert oder zerstört.

Die meisten Zellen brauchen einen pH-Wert im Neutralbereich (um pH=7), um zu funktionieren.



Puffersysteme verhindern starke Änderungen

des pH-Wertes

Um ihre Zellen gegen zu hohe oder zu niedrige pH-Werte zu schützen, verfügen Lebewesen über Puffersysteme, die zukommende Säuren oder Basen abfangen und den pH-Wert konstant in einem engen Bereich halten. Biologische Puffer ent-

falten ihre Wirkung im Neutralbereich; sie bewirken, dass auch bei Hinzutreten starker Säuren oder Basen der pH-Wert eines biologischen Systems im Bereich um pH 7 bleibt.

● ● ● ● ● ● ● ● ● ● **Das wichtigste Puffersystem**

Zur Regulierung des Säure-Basen-Haushalts hat der menschliche Körper mehrere Puffersysteme parat: Der wichtigste ist der Kohlensäure-Bikarbonat-Puffer, der aus einem Gemisch der schwachen Säure Kohlensäure mit ihrem Salz Bikarbonat besteht. Schon bei der Bildung von organischen Säuren (Milchsäure oder Ketonkörper) oder fixen Säuren (Schwefelsäure, Salzsäure) in Körperflüssigkeiten oder Blut erfolgt die Zersetzung von Bikarbonat, wobei Kohlensäure und das jeweilige Salz der organischen oder fixen Säure gebildet werden. Wenn Bikarbonat auf Grund von Säurebildung verbraucht wird, sinkt der Bikarbonat-Spiegel so lange, bis Bikarbonat durch körpereigene Mechanismen regeneriert oder im Stoffwechsel neu gebildet wird. Mit dem Kohlensäure-Bikarbonat-Puffer besitzt der menschliche Körper das wichtigste Instrument zur Regulierung des Säure-Basen-Haushaltes.



Wie funktionieren diese Puffersysteme?

Die für den menschlichen Säure-Basen-Haushalt relevanten Puffersysteme beruhen auf Gemischen von schwachen Säuren und ihren Salzen. Derartige Gemische haben die Fähigkeit, starke pH-Schwankungen sowohl in die basische als auch in die saure Richtung wirkungsvoll zu verhindern:

- Wird dem Gemisch eine starke Base zugefügt, so wird sie von der schwachen Säure unter Bildung des Salzes neutralisiert. Statt einer deutlichen Erhöhung des pH-Wertes erfolgt lediglich eine leichte.

- Wird dem Puffergemisch eine starke Säure hinzugefügt, so wirkt das Salz der schwachen Säure als Base und bildet eine zusätzliche Menge der schwachen Säure. An Stelle einer kräftigen Senkung des pH-Wertes durch die starke Säure erfolgt lediglich eine leichte Abnahme.

Puffer können also starke pH-Änderungen dämpfen; im tierischen und menschlichen Organismus sorgen sie dafür, dass die pH-Werte von Zellen und Körperflüssigkeiten – soweit erforderlich – im Neutralbereich bleiben.

Der Kohlensäure-Bikarbonat-Puffer ist ein spezielles, offenes Puffersystem. Die besondere Natur der Kohlensäure verleiht dem Kohlensäure-Bikarbonat-Puffer besondere Eigenschaften.

Die im Blut befindliche Kohlensäure kann leicht in Kohlendioxid übergehen. Dieses gelangt mit dem Blutgas in die Lungen, wo es abgeatmet wird. Der Anstieg des Kohlensäure-Anteils am Kohlensäure-Bikarbonat-Puffer ist dadurch im Normalfall automatisch begrenzt.

Ihre idealen pH-Werte



- Im Blut herrscht ein schwach basisches Milieu
- Säure-Basen-Gleichgewichte helfen beim Sauerstofftransport
- Im Magen herrscht ein stark saures Milieu
- Im Zwölffingerdarm wird der Mageninhalt neutralisiert
- Die Flora des Dickdarms
- Ein saurer pH-Wert kann auch günstig sein

Im Blut herrscht ein schwach basisches Milieu

Der Kohlensäure-Bikarbonat-Puffer sorgt im arteriellen – vom Herz wegführenden – Blut für einen streng geregelten pH-Wert im Bereich zwischen 7,37 und 7,44. Das arterielle Blut enthält relativ wenig Kohlendioxid; der pH-Wert erreicht daher ein Maximum. In den Körpergeweben wird das Blut dagegen mit Kohlendioxid angereichert, sodass im venösen – zum Herzen führenden – Blut der Anteil an Kohlensäure höher und der pH-Wert daher etwas niedriger ist. Der höhere Säuregehalt des venösen und der geringere Säuregehalt des arteriellen Blutes spielen beim Sauerstofftransport durch die roten Blutkörperchen eine Rolle.

Säure-Basen-Gleichgewichte helfen beim Sauerstofftransport

In den Lungen herrscht ein großes Angebot an Sauerstoff, der von den roten Blutkörperchen in die Körpergewebe transportiert wird. Das transportierende Molekül ist der rote Blutfarbstoff Hämoglobin, der im freien Zustand eine schwache Säure ist. Durch die Bindung von Sauerstoff wird die Säurestärke etwas erhöht: Der Hämoglobin-Sauerstoff-Komplex reagiert mit Bikarbonat unter Bildung seines Natriumsalzes und freier Kohlensäure. Die Kohlensäure wird durch das Enzym Carboanhydrase in Kohlendioxid und Wasser zerlegt. In der Lunge tritt das Kohlendioxid aus den roten Blutkörperchen aus und wird abgeatmet. Im Natriumsalz des Hämoglobin-Sauerstoff-Komplexes ist der Sauerstoff stabiler gebunden als in der entsprechenden freien Säure und ist so für den Transport in die Gewebe fixiert.

Ein umgekehrter Vorgang findet in den Körpergeweben statt. Dort fallen relativ große Mengen Kohlendioxid als Stoffwechselprodukt an. Das Gas tritt in die roten Blutkörperchen ein und wird durch Carboanhydrase in Kohlensäure umgewandelt. Die Kohlensäure reagiert mit dem Natriumsalz des Hämoglobin-

Sauerstoff-Komplexes unter Bildung von Natriumbikarbonat und der freien Säure des Hämoglobin-Sauerstoff-Komplexes. Aus dieser wird Sauerstoff leicht freigesetzt und steht für die Energiegewinnung in den Körpergeweben zur Verfügung.

Für den Säure-Basen-Haushalt ist bedeutsam, dass der leichte Säureüberschuss in den Körpergeweben die Freisetzung des Sauerstoffs erleichtert, während der leichte Basenüberschuss im arteriellen Blut der Lungen zur stabileren Bindung des Sauerstoffs in den roten Blutkörperchen beiträgt. Daher wird die Wirksamkeit des Sauerstofftransports sowohl durch Senkung des pH-Wertes im arteriellen Blut (Azidose) als auch durch Steigerung des pH-Wertes im venösen Blut (Alkalose) beeinträchtigt.

Im Magen herrscht ein stark saures Milieu

Der Magen ist der einzige Körperbereich, in dem ein stark saures Milieu herrscht (pH 1 bis 2). Die Belegzellen der Magendrüsen sind speziell dafür ausgerüstet, Salzsäure zu bilden.

Das stark saure Milieu im Magen bereitet den Speisebrei für die wirkungsvolle Verdauung der Eiweiße (Proteine) auf; gleichzeitig ermöglicht die hohe Säurekonzentration einen Schutz vor Krankheitskeimen, die mit der Nahrung aufgenommen werden. Die Magenschleimhaut ist vor der Magensäure geschützt: Sie ist mit einer relativ dicken Schleimschicht überzogen, die gegenüber der Säure als Puffer wirkt. In der Tiefe der Schleimschicht herrscht eine relativ hohe Konzentration an Bikarbonat, durch welches eindringende Säure neutralisiert werden kann.



Wissenswert

In den Zellen des Bauchspeicheldrüsenganges wird Bikarbonat in den Verdauungssaft abgesondert. Dies kann nur geschehen, indem gleichzeitig Säure in Form von H^+ -Ionen ins Blut abgegeben wird. Somit stellt der Vorgang gewissermaßen eine Umkehr der Bildung von Salzsäure in den Magendrüsen dar. In ähnlicher Weise erfolgt die Bildung von alkalischem Darmsaft im Bereich des Dünndarms.

Im Zwölffingerdarm wird der Mageninhalt neutralisiert



Der stark saure Mageninhalt tritt in den Zwölffingerdarm ein und wird dort vor allem durch den basischen Verdauungssaft der Bauchspeicheldrüse neutralisiert. Dieser enthält relativ viel Bikarbonat und sorgt dafür, dass der pH-Wert im Zwölffingerdarm etwa 6,8 erreicht, also nicht völlig neutral sondern schwach sauer ist.

Das schwach saure Milieu im Zwölffingerdarm bewirkt, dass Darmbakterien aus den unteren Darmabschnitten dort nicht gut gedeihen können. Bei pH-Werten über 7 besteht die Möglichkeit der vermehrten Ansiedlung von Darmbakterien (bakterielle Überwucherung). Diese kann zum Beispiel auftreten, wenn auf Grund medikamentöser Hemmung oder nach operativer Entfernung des Magens keine Magensäure gebildet wird.

Im Zuge der Passage durch den Dünndarm wird der Darminhalt neutral bis schwach alkalisch. Im Dünndarm sollten sämtliche aus Eiweißstoffen, Kohlenhydraten und Fetten gewonnenen Nahrungsbestandteile sowie der Großteil der Vitamine und Mineralstoffe aus dem Darminhalt vom Körper aufgenommen werden. Beim Eintritt in den Dickdarm sollten dann nur noch Wasser, einige Mineralstoffe und lösliche Faserstoffe vorhanden sein. Lösliche Faserstoffe (Präbiotika) sind Kohlenhydrate, die vom menschlichen Organismus nicht verdaut werden können und nützlichen Darmbakterien als Nahrung dienen.

Die Flora des Dickdarms

Im Dickdarm wird ein bestimmter Anteil an Mineralstoffen und Wasser aus dem Darminhalt vom Körper zurückgewonnen. So gelangt pro Tag etwa ein Liter Wasser in den Dickdarm, während der Stuhl nur rund 0,1 Liter Wasser enthält. Der Großteil der menschlichen Bakterienflora lebt im Dickdarm. Im Zuge ihres Stoffwechsels bilden die Bakterien aus löslichen Faserstoffen Milchsäure und niedermolekulare Fettsäuren wie Essigsäure, Propionsäure und Buttersäure. Buttersäure ist ein wichtiger Nährstoff für die Zellen der Dickdarmschleimhaut; es gibt zudem Hinweise, dass sie der Krebsentstehung im Dickdarm entgegenwirkt.

Idealerweise herrschen im Dickdarm die so genannten saccharolytischen Darmbakterien vor; ihr Stoffwechsel bewirkt im Dickdarm ein mäßig saures Milieu, wodurch die Darmpassage beschleunigt und das Wachstum schädlicher Bakterien und Mikroorganismen gehemmt wird.

Ein saurer pH-Wert kann auch günstig sein

Der pH-Wert ist ein wichtiger Faktor für das Wachstum von Mikroorganismen. So wachsen die meisten Bakterien, die das Verderben von Lebensmitteln bewirken, nicht bei einem pH-Wert von unter 5. Ein schwach saures Milieu, wie es etwa durch das Wachstum von Milchsäurebakterien entsteht, kann daher zur Konservierung von Lebensmitteln genutzt werden.

Dies erfolgt zum Beispiel mit der Milchsäuregärung seit rund 7.000 Jahren bei der Haltbarmachung von Milchprodukten wie Joghurt, Kefir, Sauermilch und Käse. Nach dem gleichen Prinzip funktioniert aber auch die Konservierung von Gemüsesorten wie Sauerkraut, Gurken, Oliven und Fleischprodukten (Salami). Eine wichtige landwirtschaftliche Nutzung erfolgt in Form der Silage: Futtermittel wie Grünfütter, Rüben oder Kartoffeln werden durch Milchsäuregärung haltbar gemacht. Dabei bleiben



wichtige Nährstoffe erhalten und die durch Milchsäure bewirkte pH-Absenkung verhindert Fäulnis.

Das schützende und konservierende Prinzip des schwach sauren pH-Wertes wird von der Natur auch dazu verwendet, um bestimmte Bereiche des Körpers vor unerwünschter Besiedlung durch Mikroorganismen und vor Infektionen zu bewahren. So ist zum Beispiel die Hautoberfläche durch den „Säuremantel“ ein kärgliches Medium für das Wachstum von Bakterien. In der Vagina der gesunden, erwachsenen Frau vor der Menopause bilden charakteristische Bakterienstämme wie *Lactobacillus crispatus*, *Lactobacillus jensenii*, *Lactobacillus iners* und *Lactobacillus rhamnosus* Milchsäure aus dem Polysaccharid Glykogen, welches aus abgeschilferten Schleimhautzellen stammt.

Auf diese Weise kann der pH-Wert in der Vagina bis 4,5 und leicht darunter gesenkt werden. Das saure Milieu schützt vor Infektionen durch gramnegative Bakterien und Pilze. So schützt auch ein schwach saurer Harn vor Harnwegsinfekten, da sich die meisten Krankheitskeime in einem neutralen oder schwach basischen Milieu besser vermehren.

So verschiebt sich Ihre Säure-Basen-Balance



- Was die Atmung bewirkt
- Der Einfluss der Aminosäuren
- Fruchtsäuren wirken basenbildend
- Lebensmittel und ihre Wirkung
- Stress und Nikotin
- Hungern und Fasten
- Durchfall und Erbrechen
- Lebensalter und Lebensstil
- Die Bakterienflora im Dickdarm ...
- ... und in der Vagina

arteriellen Blutes. Mediziner sprechen dann von einer leichten „respiratorischen Alkalose“.

Zu flach ...

Eine flache Atmung führt andererseits zu einem Anstieg der Kohlensäure-Spiegel im Blut. Ein Problem, mit dem viele ältere Menschen zu tun haben. Ist die Atmung weniger intensiv, wird auch weniger Kohlendioxid aus dem Blut entfernt. Damit steigt der Kohlensäurespiegel im Blut, das Verhältnis von Bikarbonat zu Kohlensäure wird kleiner, und damit sinkt der pH-Wert des Blutes. Mediziner nennen das dann eine „respiratorische Azidose“.

Unter Stress ...

Unter Stress, bei verringertem Sauerstoffangebot und immer dann, wenn rasch Energie benötigt wird, liefert unser Körper mit Hilfe eines „Notprogramms“ die nötige Energie – allerdings einen viel kleineren Teil. Der Vorteil: Diese schnelle „Power“ steht sofort zur Verfügung. Aber neben der geringen Energieausbeute hat die Energiegewinnung über den kurzen Weg noch einen weiteren schwerwiegenden Nachteil: Es wird Bikarbonat verbraucht, das wir ja brauchen, um anfallende Säuren auszugleichen.



Der Einfluss der Aminosäuren

Aminosäuren nennt man die wichtigsten Bausteine der Eiweiße. Der Einfluss der aus Nahrungseiweiß (Nahrungsprotein) gebildeten Stoffwechselprodukte auf den Säure-Basen-Haushalt hängt von der Natur dieser Aminosäuren ab.

Man unterscheidet säurebildende Aminosäuren, bei deren vollständiger Verbrennung neben Kohlendioxid und Wasser, Säuren wie Schwefelsäure oder Salzsäure entstehen. Dazu zählen beispielsweise die schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und

