

Pflanzenbiologische Grundstoffe

Chemie ist eine exakte Naturwissenschaft. Sie beschäftigt sich mit den Eigenschaften, der Zusammensetzung und Veränderung und vor allem auch mit der synthetischen Herstellung von Stoffen.

Die organische Chemie behandelt die Kohlenwasserstoff-Verbindungen; die anorganische Chemie befasst sich mit allen übrigen Elementen und deren Verbindungen.

Organische Produkte entstammen der belebten Natur, sie werden unmittelbar oder mittelbar von den arbeitenden Teilen, den Organen der Lebewesen aufgebaut. (Der Wissenschaft ist es gelungen, einige dieser Verbindungen synthetisch herzustellen). Sie alle sind verbrennbar.

Auch rein synthetisch hergestellte Verbindungen mit einem "Kohlenwasserstoffgrundgerüst" bezeichnet man als organische Verbindungen, obschon sie grösstenteils in Organismen gar nicht vorkommen (Beispiele: moderne Farbstoffe und Lacke).

Die anorganischen Stoffe sind das Feld der anorganischen Chemie. Es handelt sich um Stoffe, die in erster Linie das Mineralreich ausmachen, um die unverbrennbaren Metalle und Nichtmetalle und ihre Verbindungen; aber auch einige Kohlenstoffverbindungen gehören dazu.

Im Gegensatz zur Chemie beschäftigt sich die Physik, die auch eine Naturwissenschaft ist, nicht mit Stoffveränderungen und Verbindungen von Elementen, sondern sie untersucht die Zustände und Zustandsänderungen der Körper.

Die Chemie geht von den Elementen aus. Elemente sind Grundstoffe, die sich chemisch nicht weiter zerlegen lassen und aus denen durch unterschiedliche Aneinanderbindung chemische Verbindungen entstehen können.

Bekannt sind etwa 100 Elemente; ihren Eigenschaften nach sind sie in zwei grosse Gruppen eingeteilt, in Metalle und Nichtmetalle. Der Übergang ist jedoch fließend (Arsen, Tellur).

Jedes Element hat ein chemisches Zeichen oder Symbol, das häufig aus seinem Anfangsbuchstaben und auch wohl einem weiteren Buchstaben besteht. Die Zeichen ermöglichen die "chemische Formelsprache", durch die die Zusammensetzung der Stoffe und die Art der sich abspielenden Prozesse übersichtlich gekennzeichnet wird.

Atom (gr. atomos = unteilbar) ist die Bezeichnung für das kleinste Unteilbare eines Elementes vom Standpunkt des Chemikers. Physikalisch gesehen besteht das Atom aus dem Atomkern mit den positiv elektrisch geladenen Protonen und den Neutronen ohne Ladung. Der Kern wird umkreist von den negativen Elektronen.

Die Massenzahl ist die Zahl der Nukleonen im Kern eines Atoms (Nukleonen = Bausteine des jeweiligen Atomkerns, also dessen Protonen + Neutronen.)

Zwei oder mehrere Atome können sich durch unterschiedliche Gegebenheiten zu Molekülen verbinden. Dabei spielt die "Wertigkeit" eine Rolle. Sie kommt in der Formel durch die dem Symbol beigefügte Zahl zum Ausdruck und gibt also an, in welchem Verhältnis die Elemente in einer Verbindung enthalten sind.

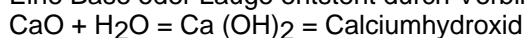
Die Atommasse, früher Atomgewicht genannt, wird bezogen auf die Atommasseineinheit.

Die Molekülmasse (früher Molekulargewicht) ist die Summe der Atommassen aller im Molekül enthaltenen Atome. Bei der Formelmass handelt es sich um die Masse des durch die Formel ausgedrückten Atomverbandes.

Ionen sind elektrisch geladenen Atome oder Atomgruppen, die durch Spaltung von in Wasser gelösten Säuren, Basen und Salzen entstehen. Diese Verbindungen spalten sich (dissoziieren) in Kationen (z.B. Metallionen) und Anionen (OH-Ionen und Säurerestionen). Kationen (entstanden nach Elektronenabgabe) sind positiv, Anionen (entstanden nach Elektronenaufnahme) negativ geladen. Als Folge der entgegengesetzten Ladungen entstehen sogenannte Ionenaggregate, die z.B. bei den Düngesalzen begrifflich an die Stelle der Moleküle zu setzen sind.

Oxid nennt man die Verbindung eines Elementes mit Sauerstoff; z.B. $C + O_2 = CO_2$ (gasförmiges Kohlendioxid)

Eine Base oder Lauge entsteht durch Verbindung eines Metalloxids mit Wasser; z. B.



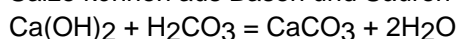
Calciumoxid + Wasser = Löschkalk

Basen heissen wissenschaftlich Hydroxide.

Eine Säure entsteht durch Verbindung eines Nichtmetalloxids mit Wasser; z.B. $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$

Kohlendioxid + Wasser = Kohlensäure

Salze können aus Basen und Säuren unter H_2O -Abspaltung entstehen; z.B.



Kalziumbase + Kohlensäure = kohlensaurer Kalk + Wasser

Salze der Kieselsäure	heissen Silikate
Salze der Kohlensäure	heissen Karbonate
Salze der Phosphorsäure	heissen Phosphate
Salze der Salpetersäure	heissen Nitrate
Salze der Salzsäure	heissen Chloride
Salze der Schwefelsäure	heissen Sulfate

Lackmus ist ein organischer Farbstoff, der aus der Krustenflechte *Rocella tinctoria* gewonnen wird. Er ist der oft gebrauchte Indikator (Anzeiger). Bei alkalischen Lösungen reagiert er mit einem Farbumschlag nach Blau, bei Säuren nach Rot.

Kalium (K) ist ein sehr wichtiges Metall, das in der Natur nicht frei vorkommt, in seinen Verbindungen, in den sog. "Abraumsalzen" aber reichlich zur Verfügung steht. Es kann von der Pflanze als Kaliumchlorid, -sulfat, -nitrat und -phosphat, die Kalisalze, verwertet werden.

K₂O hat einen besonders hohen prozentualen Anteil an der Asche von Pflanzen. Junge, wachsende Zellen sind reich an Kalium, weil die hauptsächlichste Kaliumaufnahme in den Jugendstadien erfolgt. Das K⁺-Ion hat einen besonderen Einfluss auf den Wasserhaushalt der Zellen und die Wasserführung des Plasmas. Das K⁺-Ion wirkt quellend. Auch die Lebhaftigkeit der CO₂-Assimilation wird durch das K⁺-Ion beeinflusst, es wirkt also unmittelbar mit bei der Bildung von Zucker, Stärke, Zellulose.

Das K⁺-Ion macht die Pflanzen widerstandsfähig gegen Trockenheit, Frost und gewisse Pflanzenkrankheiten.

Das K⁺-Ion verbessert die Qualität und erhöht die Farbtintensität von Obst und Gemüse.

Das K⁺-Ion steht in entgegengesetzter Wechselwirkung zum Ca²⁺-Ion.

Besonders kalireich sind von den Pflanzengeweben: die Embryonen, alle Wachstumszonen, der Bast, das Blattmesophyll und die Speicherorgane (Knollen).

Natrium (Na) ist ein weiches, weissglänzendes, mit dem Messer schneidbares Metall, das an der Luft begierig Sauerstoff aufnimmt. Seine wichtigste Verbindung ist das Kochsalz (NaCl), das im Meerwasser enthalten ist und bergmännisch als Steinsalz gewonnen wird.

Natrium ist in fast allen Pflanzenaschen enthalten, doch ist seine lebenswichtige Bedeutung umstritten. Man kann annehmen, dass das Na⁺-Ion ein Hilfsmittel der Pflanze ist, den osmotischen Wert der Zellen zu schaffen und zu halten. Eventuell hat Na⁺ Spurenelementfunktion.

Kalzium (Ca) ist ein weisses, glänzendes Metall und in seinen Verbindungen von grösster Wichtigkeit als Düngemittel und Bodenverbesserungsmittel. Das Vorhandensein des Kalziumhydrogenkarbonats im Wasser tritt als sog. Härte des Wassers in Erscheinung. Nur die "temporäre" Härte des Wassers stammt aus dieser Kalziumverbindung; die "permanente" dagegen aus Magnesiumsalzen u.a., oft ist die letztere als bleibende ebenso hoch wie die vorübergehende (temporäre) Härte.

Das Ca²⁺-Ion übt mit K⁺-Ionen und Mg²⁺-Ionen eine Wechselwirkung auf die Pflanze aus. Im Gegensatz zu K⁺-Ionen hat es eine entquellende Wirkung (Ionenantagonismus).

CaO befindet sich in den Aschen aller Pflanzenteile. Kalk ist ein Baustoff und vom Keimling bis zum Samen unentbehrlich. Er fördert die Lebhaftigkeit der CO₂-Assimilation und den Abtransport der dabei gebildeten Stoffe. Kalk gibt dem wachsenden Gewebe und den älteren Zellen eine erhöhte Widerstandskraft gegen ungünstige Einflüsse des Wetters und hat eine entgiftende Wirkung durch Bindung der beim Stoffwechsel entstehenden giftigen Säuren.

Es gibt "kalkliebende Pflanzen", z.B. Rosen, Nelken, Aster, Phlox, Enzian, Rittersporn u.a., und "kalkfeindliche" Pflanzen, z.B. die Moorbeetpflanzen (Heidekraut, Kamelie, Hortensie, Rhododendron) und Orchideen. Kalkfeindliche Pflanzen bedürfen wie bei kalkfreundlichen des Kalziums, vertragen aber nicht wie jene einen höheren pH-Wert.

Die kalkliebende und kalkfeindliche Flora gibt gute Hinweise auf den Kalkzustand eines Bodens.

Magnesium (Mg) ist ein Metall, das u.a. gebunden im Kainit, Dolomit und Talk vorkommt; es verbrennt mit sehr hellem Licht.

Magnesiumsalze sind im Erdboden meist als Karbonate vorhanden und wirken in reinen Lösungen stark giftig. Diese Giftwirkung muss durch Kalkgaben ausgeschaltet werden. Es besteht ein Magnesium-Kalk-Verhältnis.

Magnesium ist ein wichtiger Baustoff für die Zelle. Vor allem hat sein Vorhandensein einen günstigen Einfluss auf die Chlorophyllbildung. Auch beim Kohlenhydratabbau soll das Magnesium eine gewisse Rolle als Bestandteil von Enzymen spielen. Dadurch ist zu erklären, dass auch nichtgrüne Pflanzen Magnesium benötigen.

Eisen (Fe) ist in allen Pflanzenaschen vorhanden und ein Baustoff wichtiger Verbindungen, z.B. in Enzymen, die im Atmungsstoffwechsel eine Rolle spielen.

Mangelnde Ausbildung des Chlorophylls, die Chlorose oder Gelbsucht, kann u.a. auf ungünstige Bodenverhältnisse zurückzuführen sein. Zu hoher pH-Wert legt an sich lösliche Eisenverbindungen des Bodens unaufnehmbar fest. Durch Gegenmassnahmen (pH-Wert-Senkung und Blattspritzung mit Fetrilon) kann diese Chlorose behoben werden.

Prinzipiell ist zum Eisen noch zu sagen, dass es im Chlorophyll selbst nicht nachweisbar ist, wohl aber indirekt am Bildungsprozess dieses Farbstoffs beteiligt zu sein scheint.

Chlor (Cl) kann als gelbgrünes Gas (Cl_2) auftreten, das sehr stark riecht und die Schleimhäute angreift. Cl kommt in der Natur nicht frei, sondern nur gebunden vor. Chlor löst sich in Wasser. Chlor ist ein Bestandteil des Kochsalzes (NaCl). Der Pflanze wird Chlor vorwiegend in Form von Natrium- und Kaliumchlorid geboten.

Das Chloridion hat eine quellungsfördernde Wirkung. Für die Ernährung der salzliebenden Pflanzen kommt ihm besondere Bedeutung zu. Der Einfluss des Kochsalzes äussert sich auch in der Formbildung dieser Pflanzen, nämlich in der Sukkulenz fast aller Meerstrand- und Salinenpflanzen. Chloride sollen einen günstigen Einfluss auf die Lösung und Wanderung der Stärke ausüben, wodurch das Wachstum beschleunigt wird. Manche Pflanzen (z.B. Stachel- und Johannisbeeren und Gurke) sind gegen grösseren Chloridgehalt im Boden empfindlich, wiederum andere (z.B. Kartoffel und Tabak) vertragen zwar diese Chloride, erfahren dann aber Qualitätseinbussen.

Kiesel, Silicium (Si) ist in der Form kieselaurer Salze und des Kieselsäureanhydrids sehr verbreitet, denn ein Viertel unserer festen Erdrinde besteht aus Silicium. Auch in den Panzern kleiner Lebewesen (Diatomeen) wird Kieselsäure, SiO_2 , gefunden, sie bilden die grossen Ablagerungen von Kieselerde (Kieselgur).

Durch Einlagerung in die Epidermisaussenwände wird die Widerstandskraft, z.B. bei den *Poaceen* und *Cyperaceen*, erhöht. Die Verkieselung ist bei einigen Schachtelhalmen so stark, dass man sie zum Polieren von Zinngefässen benutzen kann, weshalb diese Pflanzen auch Zinnkraut genannt werden. Kieselsäure macht die Zellohaut fest und damit widerstandsfähig gegen Angriffe der Bakterien, Pilze u.a.

Der Kohlenstoff (C) ist das wichtigste Aufbauelement der organischen Verbindungen der Erforschung dieser Kohlenstoffverbindungen widmet sich die organische Chemie.

Der Kohlenstoff kommt rein in 3 Formen vor:

1. als Diamant, reiner Kohlenstoff, härtestes Mineral,
2. als Graphit, reiner Kohlenstoff, weiches Mineral,
3. als Kohle, Zersetzungsprodukt aus pflanzlichen Stoffen.

Die wichtigste Kohlenstoff-Sauerstoff-Verbindung ist CO_2 , das Kohlendioxid. Es ist ein farb- und geruchloses Gas, das als Kohlensäure bezeichnet wird, obwohl es nur das Kohlensäure-Anhydrid ist. Erst nach der Reaktion mit Wasser entsteht die Säure.

Das Kohlendioxid ist die für das Leben wichtigste Verbindung. Da nun aber die Pflanze die gebundene Kohlensäure, wie sie z.B. in den Karbonaten vorliegt, nicht ausnutzen kann, ist sie auf das in der atmosphärischen Luft (0,03 %) und in der Bodenluft vorhandene Kohlendioxid angewiesen. Die Trockenmasse einer Pflanze oder die eines Pflanzenteiles besteht etwa zur Hälfte aus Kohlenstoff.

Der Kohlenstoff beschreibt einen Kreislauf: Boden - Pflanzenkörper - Tierkörper - Boden.

Phosphor (P) kommt in der Natur nur in Salzform, besonders als phosphorsaurer Kalk (Phosphorite, Apatite) und in organischen Körpern (Eiweissstoffen) sowie Knochen vor.

Phosphor wird der Pflanze als Kalium-, Natrium-, Ammonium-, Kalzium oder Magnesiumphosphat geboten. Der Gehalt an Phosphorsäure wird bei Düngemitteln in P_2O_5 angegeben. Phosphorsäure findet man in allen Pflanzenteilen, doch hat sie vorwiegende Bedeutung für den Aufbau des Protoplasmas (Phosphatide) und der Zellkernsubstanzen (Nukleoproteide) sowie bei der Wurzel-, Blüten- und Fruchtbildung. Auch beim Atmungsstoffwechsel hat sie bedeutsame Funktionen. Die Pflanze nimmt die entsprechenden Ionen in Form von HPO_4^{2-} und H_2PO_4^- auf.

Sauerstoff (O) ist unter allen Elementen das verbreitetste. Es bildet als O_2 einen wesentlichen Bestandteil des Gasgemisches der Luft, nämlich 21 %. Im gebundenen Zustand ist es vor allem im Wasser und ausserdem in den Basen und fast allen Säuren und Salzen enthalten.

Sauerstoff ist für die Pflanze ein lebensnotwendiges Element. Sie nimmt ihn auf (Atmung), um mit seiner Hilfe organische Stoffe abzubauen, zu verbrennen (Dissimilation). Hierbei wird Kraft (Energie) frei für die Erhaltung der Lebensfunktionen.

Schwefel (S) kommt in der Natur nur in vulkanischen Gebieten gediegen, d.h. in freiem ungebundenem Zustand, vor. Er ist in vielen Mineralien und Erzen enthalten. Er besitzt eine gelbe Farbe.

Schwefel wird der Pflanze in Form von Kalium-, Natrium-, Ammonium-, Magnesium- oder Kalziumsulfat verabreicht. Die Pflanze benötigt Schwefel zum Aufbau von schwefelhaltigen Aminosäuren und vor allem von Eiweissstoffen. Auch das Vitamin B₁ und die scharfen Öle von Senf, Knoblauch und Meerrettich enthalten Schwefel.

Stickstoff (N) ist u.a. als farbloses, geruchloses und geschmackloses Gas bekannt (N_2), das sich bei tiefen Temperaturen verflüssigen lässt. Die atmosphärische Luft enthält 78% N_2 . Stickstoff hat einen bezeichnenden Namen, weil in reinem Stickstoff die Verbrennung unterbunden wird und jegliches Leben erstickt.

Stickstoff ist das wichtigste Element beim Aufbau der Eiweissverbindungen. Ohne Eiweiss ist kein Leben möglich, deshalb ist jedes Lebewesen auf die Versorgung mit Stickstoff angewiesen.

Die Pflanzen verwerten den Stickstoff meistens nur in gebundener, mineralischer Form, d.h. als Ammoniumsalze oder Nitratstickstoff. Nur wenige Pflanzenarten, unter ihnen die Schmetterlingsblütler, vermögen durch das Zusammenleben mit den sog. Knöllchenbakterien den atmosphärischen Stickstoff aufzunehmen und auszunutzen. Stickstoffmangel und Stickstoffüberschuss wirken sich für Pflanzenkulturen sehr nachteilig aus (mangelndes Wachstum bzw. Mastkultur).

Wasserstoff (H) kann als ein farbloses, geruchloses und geschmackloses Gas vorkommen (H_2). Es ist das leichteste aller Gase, etwa 15mal leichter als Luft. Infolge seiner Neigung, sich mit Sauerstoff zu verbinden, kommt das Gas nur in sehr geringen Mengen in freiem Zustand vor.

Beim Wasser (H_2O), bei den Säuren (z.B. HNO_3), den Basen sowie in zahlreichen organischen Verbindungen (z.B. in Kohlenhydraten), also auch im Pflanzenreich, ist H ein wesentlicher Bestandteil.

Die Menge der Wasserstoffionen, richtiger Hydronium-Ionen genannt, bestimmt den Säuregrad einer Flüssigkeit.

Als Spurenelemente oder Mikronährstoffe bezeichnet man Grundstoffe wie Bor, Kupfer, Mangan, Molybdän, Zink u.a., die in kleinsten Mengen wirksame Pflanzenaufbaustoffe sind (Hochleistungselemente). Obwohl sie nur in Spuren zur Verfügung zu stehen brauchen, löst das Fehlen einzelner Spurenelemente mindere Erträge und Krankheiten aus.

Diesen unbedingt notwendigen Elementen sind die "nützlichen" hinzuzufügen, die man teils auch Ballaststoffe nennt, weil ihre Bedeutung unklar ist (Beispiel: Al).

Hauptnährelement	Aufnahme als	Bedeutung
C	Kohlendioxid CO ₂	In allen Kohlenstoffverbindungen Aufbau von Aminosäuren, Eiweissen Nucleinsäuren (DNA / RNA)
O	bzw. Wasser H ₂ O	
H	Nitrat NO ₃ ⁻ , teils als	
N	Ammonium NH ₄ ⁺	
S	Sulfat SO ₄ ⁻	in den Aminosäuren Cystin, Cystein und Methionin, Co-Enzym A
P	Phosphat H ₂ PO ₄ ⁻	Nucleotide, (DNA / RNA) Phospholipide
K	Kaliumion K ⁺	Co-Faktor bei Enzymreaktionen, nast. Bewegungen
Ca	Calciumion Ca ²⁺	als Salz gelöst, Einlagerungen
Mg	Magnesium Mg ²⁺	Chlorophylmolekül
Spurenelement	Aufnahme als	Bedeutung
Fe	Eisenion Fe ²⁺ oder Fe ³⁺	in den Molekülen Cytochrom, Hämoglobin, Ferredoxin
Mn	Manganion Mn ²⁺	
B	Borat BO ₂ ⁻	
Zn	Zinkion Zn ²⁺	bei Enzymreaktionen
Cu	Kupferion Cu ²⁺	beteiligt bzw. Enzym-Bestandteil
Mo	Molybdän MoO ₄ ²⁻	
Cl	Chloridion Cl ⁻	
Na	Natriumion Na ⁺	

pH-Wert

Der pH-Wert ist der negative Exponent der Hydronium-Ionen-Konzentration (**ph= Potenzexponent der Hydroniumionen - Konzentration**)

Die Menge der Wasserstoffionen, richtiger Hydronium-Ionen genannt, bestimmt der Säuregrad einer Flüssigkeit.

In den meisten Flüssigkeiten befindet sich Wasser. Es besteht aus zwei Teilen Wasser und einen Teil Sauerstoff. Häufig spalten sich im gelösten Zustand die Ionenaggregate ganz oder teilweise in elektrisch geladene Atome oder Atomgruppen, die **Ionen**. Auch reines, destilliertes Wasser zerfällt in Wasserstoffionen (richtiger Hydroniumionen = H_3O^+) und in den Restbestand des Wassers, die OH - Gruppe = OH^- .

Die Gleichung dafür lautet: $2 \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$

Ein Hydroniumion entsteht nach Anlagerung eines Protons, also eines sogenannten Wasserstoffions, an ein Wasserstoffmolekül. Freie Wasserstoffionen gibt es, genaugenommen nicht, zur Vereinfachung spricht man aber weiterhin von ihnen. Eigentlich sind auch Hydroniumionen bereits Folgegebilde. Sie sind entstanden durch H_2O -Molekül-Anlagerung an die ursprünglichen H_3O^+ die man allgemein Oxoniumionen zu nennen pflegt.

Die Stärke einer Säure wird bestimmt durch die Menge der abdissoziierten Wasserstoffionen (H-Ionen).

Die Wirkung eines Bodens, genauer eines Bodenauszugs, auf den Indikator bezeichnet man als Bodenreaktion. Die meisten Pflanzen und Tiere finden nur innerhalb eines bestimmten Reaktionsbereiches ihr optimales Wachstum und Gedeihen.

Die kalkscheuen Pflanzen bedürfen ebenso wie die kalkliebenden der Nährions Ca^{2+} . Was sie aber nicht vertragen können, ist die alkalische Bodenreaktion, die durch den Kalk, der in der Natur hauptsächlich als Ca CO_3 vorhanden ist, hervorgerufen wird.

Die kalkliebenden Pflanzen können dagegen besonders gut bei einer alkalischen Reaktion gedeihen. Ausserdem spielen noch durch den Kalk bedingte physikalische Verhältnisse mit.

Die folgende Tabelle zeigt, wie die gesamten pH-Zahlen 1-14 zu deuten sind:

Grad der Wasserstoffionen-Konzentration ausgedrückt in:

Bruchzahlen	Dezimalzahlen	Stellen hinter Komma	ph-Wert
1/10	0,1	1	1
1/100	0,01	2	2
1/1000	0,001	3	3
1/10000	0,0001	4	4
1/100000	0,00001	5	5
1/1000000	0,000001	6	6
1/10000000	0,0000001	7	7
1/100000000	0,00000001	8	8
1/1000000000	0,000000001	9	9
1/10000000000	0,0000000001	10	10
1/100000000000	0,00000000001	11	11
1/1000000000000	0,000000000001	12	12
1/10000000000000	0,0000000000001	13	13
1/100000000000000	0,00000000000001	14	14

Quelle: Hedergott, 1982, Gärtners Pflanzenarzt, Landwirtschaftsverlag, Münster

Th. Winter 1996