

# Hydrokulturdünger

**Hydrokulturdünger** sind spezielle Pflanzendünger, die für die Hydrokultur und Hydroponik benutzt werden. Sie sind notwendig, um die Pflanzen im künstlichen Umfeld zu schützen und mit allen essentiellen Nährstoffen zu versorgen. Die Zusammensetzung von Hydrokulturdüngern unterscheidet sich in der Vielfalt der chemischen Substanzen von konventionellem Dünger für Erdkulturen. Pflanzen, die in Erdböden kultiviert werden, benötigen andere Düngergemische.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, in der Hydrokultur Pflanzen zu düngen:

- mit flüssigem anorganischen Volldünger, dieser wird in Großanlagen aufgrund der Leitfähigkeitsmessung des Wassers automatisch zudosiert.
- Durch Düngesalzfreisetzung aus festem Ionenaustauscher-Granulat.
- Aufschlammung von organischem Dünger oder Zusatz solcher Nährstofflösungen.
- eine Humus- oder Kompostschicht, die bei Ebbe-Flut-Systemen auf die oberste Substratschicht aufgebracht wird und nur bei Düngerbedarf von oben gewässert wird.
- sogenannter Wurmtee, eine wässrige Lösung der Kottausscheidungen von Kompostwürmern oder „AACT“; „*actively aerated compost tea*“<sup>[1]</sup> für aktiv belüfteter Komposttee
- in der Spezialform Aquaponik durch die Kottausscheidungen und Futtermittelreste der gehaltenen Fische.

## Inhaltsverzeichnis

### Notwendigkeit

### Chemische Puffer

### Komplexbildner

### Anorganische Dünger

Ionenaustauscher-Granulat

### Organische Dünger

### Zucker

### Bewurzelungshilfsstoffe

### Exsudate

### Nährlösungen

Nährlösung nach Abram Steiner<sup>[25]</sup>

Geschichtlich erste Nährlösung nach Sachs und Stöckhardt

Nährlösung nach Wilhelm Knop

Medium nach Pirson und Seidel<sup>[27]</sup>

Nährmedium nach Epstein<sup>[29]</sup>

Spurenelementzusatz nach D. R. Hoagland (1884–1949)

Nährmedien zur Zellzüchtung

### Weblinks

### Einzelnachweise

## Notwendigkeit

---

Pflanzen nehmen nach Bedarf selektiv Mineralien auf. Durch die selektive Aufnahme ändert sich das chemische Gleichgewicht zwischen Kationen und Anionen. Durch Verschiebung des chemischen Gleichgewichts ändert sich der pH-Wert sehr rapide. Verschiebt sich der pH-Wert zu sehr in eine Richtung, kann die Pflanze aufgrund des Membranpotentials nicht mehr alle Ionen aufnehmen. Außerdem veranlasst ein erhöhter pH-Wert die Salzbildung bestimmter Nährstoffe (Niederschlagsreaktion). Die Nährstoffe sind dann nicht mehr verfügbar für die Pflanzen. Dies führt schnell zu Mangelerscheinungen. Böden fungieren als Puffer für das Gleichgewicht des pH-Wertes. Sie sind Kationenaustauscher und halten so den pH-Wert aufrecht. Hydrokulturdünger verwenden deswegen chemische Puffer.<sup>[2][3]</sup>

Pflanzen benötigen Makronährstoffe (wie Stickstoff, Kalium, Phosphor, Calcium, Magnesium, Schwefel, Nitrat) in erhöhter Konzentration um lebenswichtige Stoffwechselprozesse aufrechtzuerhalten und essentielle Mikronährstoffe wie Eisen, Zink, Kupfer, Mangan, Bor, Molybdän, Nickel, Chlorid, Aluminium, Silizium und Titan in sehr geringer Konzentration um spezifische Stoffwechselprozesse aufrechtzuerhalten. Des Weiteren sind Spurenelemente wie Cobalt, Natrium, Vanadium, Lithium bei bestimmten Pflanzen von Vorteil.<sup>[2][3]</sup>

Einflüsse auf Pflanzen wurden auch für folgende chemische Elemente nachgewiesen:<sup>[4]</sup> Arsen, Cer, Chrom, Fluor, Gallium, Germanium, Jod, Lanthan, Mangan, Natrium, Rubidium, Selen, Titan und weitere.

Böden enthalten von Natur aus genug Spurenelemente. In Hydrokulturdünger werden alle notwendigen Mikronährstoffe deshalb zugesetzt.<sup>[2][3]</sup>

Bei Hydroponik-Systemen ist es wichtig, die Ursache von etwaigen Wasserverlusten zu erkennen. Wasserverlust durch Verdunstung erfordert lediglich Ergänzung mit Frischwasser, Wasserverlust durch Lecks führt zugleich zu Verlust an Nährstoffen, deren Gehalt bei Wasserzufuhr ergänzt werden muss.

## Chemische Puffer

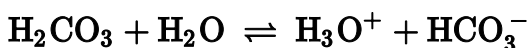
---

→ Hauptartikel: Pufferbereich (Bodenkunde)

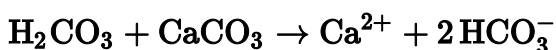
Bei der Wurzelatmung entsteht Kohlenstoffdioxid, das mit dem Gießwasser chemisch zu Kohlensäure reagiert (wobei sich ein Gleichgewicht einstellt):



Im Umlaufwasser der Hydroponik liegt das Gleichgewicht, abhängig vom pH-Wert eher auf Seite der freien Hydrogenkarbonationen (siehe dazu Kohlensäure#pH-Indikation Wasser). Gebildete Hydrogencarbonationen reagieren mit Wasser weiter



Freie Kohlensäure wirkt dadurch wie eine schwache Säure. Im Umlaufwasser senkt die Kohlensäure den pH-Wert. In Boden reagiert die Kohlensäure mit Kalksteinen weiter zu Calciumhydrogencarbonat (auch „Bicarbonat“ genannt) (Details siehe Karst#Verwitterung):



Eine chemische Puffersubstanz bewirkt nun, dass sich der pH-Wert bei Zugabe einer Säure (oder einer Base) wesentlich weniger stark ändert, als dies in einem *ungepufferten System* der Fall wäre. Die Menge an Säure oder Base, die von einem Puffer ohne wesentliche Änderung des pH-Werts abgefangen werden kann nennt man Pufferkapazität, im Boden Austauschkapazität.

Im konkreten Fall wird der Düngerlösung beispielsweise eine Puffersubstanz (Carbonate oder eine Substanz, die zugleich Metallionen als Chelat in Lösung hält) zugesetzt. Enthält das Wasser zu viele Protonen (weil es zu sauer ist), dann bindet die Puffersubstanz ein Proton und das Reaktionsgleichgewicht wird zur Kohlensäure verschoben, es bildet sich Kohlensäure. Diese zerfällt zu Wasser und Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) und das CO<sub>2</sub> geht in die Luft aus (siehe dazu auch Kohlensäure-Bicarbonat-System). Alle Düngesalze einer starken Säure mit einer schwachen Base oder starken Base mit einer schwachen Säure wirken als Puffersubstanzen, zum Abpuffern der Kohlensäure wird ein Salz einer starken Base mit einer schwachen Säure verwendet (siehe dazu auch das Kapitel „chemische Grundlagen“ im Artikel "chemischer Puffer").

Eine pH-Wert-Anhebung erfolgt auch bei der mikrobiellen Oxidation von Ammonium zu Nitrat (darum sollte Hydrokulturdünger keinen Stickstoffdünger auf Ammoniumsalzbasis enthalten):



Ein zu hoher pH-Wert des Umlaufwassers kann in emersen Systemen wie der Hydrokultur auch zu oxidativem Stress infolge Eisentoxizität führen<sup>[5]</sup> mit chloroseähnlichen Symptomen an Blättern (Gelbfärbung).

In Nährlösungskultur wird das Streckungswachstum von Wurzeln bei pH-Werten unter 4 und bei zu hohen pH-Werten gehemmt (mit Unterschieden bei verschiedenen Pflanzenarten). Stickstoffversorgung mit NO<sub>3</sub><sup>-</sup> führt dabei zu einer Alkalisierung und mit NH<sub>4</sub><sup>+</sup> zu einer Ansäuerung der Rhizosphäre<sup>[6]</sup>.

Siehe dazu auch Auswirkungen des pH-Wertes auf das Wachstum von Pflanzen und Nährstoffverfügbarkeit in Abhängigkeit vom Boden-pH.

## Komplexbildner

---

Eisen-, Mangan-, Zink- und Kupferionen werden in sauerstoffangereichertem Wasser schnell oxidiert<sup>[7]</sup>, dadurch wird die Aufnahmefähigkeit für Pflanzen verringert. Dies ist besonders bei Eisen wichtig, dessen Mangel *eine* Ursache für Chlorose (Gelbfärbung der Blätter) sein kann. Um solche Metallverbindungen, die ansonsten aufgrund der Sauerstoffoxidation oder des pH-Werts (als Hydroxide) ausflocken würden, fix gebunden in Lösung zu halten, werden daher Chelatbildner oder deren Verbindungen mit beispielsweise Eisen, Mangan, Kupfer oder Zink zugesetzt.<sup>[8]</sup>

Beispiele von solchen Komplexbildnern:

- EDTA<sup>[7]</sup>
- DTPA<sup>[7]</sup>
- HEDTA/HEEDTA<sup>[7]</sup> (HydroxyEthylEthyleneDiamineIriaceticAcid)
- HBED (hexadentate phenolic aminocarboxylate = N, N-bis(2-hydroxybenzyl)ethylenediamine-N,N-diacetic acid)
- Fulvosäuren
- Phytinsäure
- Citronensäure oder Citrate
- Tartrate
- Huminsäuren
- und andere Chelatkomplexbildner

Manche der Eisenchelatkomplexe der oben angeführten Komplexbildner sind abhängig vom pH-Wert stabil oder instabil, deshalb ist der pH-Wert der fertigen Nährlösung oder des Bodens essenziell wichtig für die Eisenaufnahmefähigkeit der Pflanzen<sup>[9]</sup>. Für die Pflanzenaufnahme der (Spuren)Elemente Eisen, Kupfer, Mangan, Bor und Zink ist ein pH-Bereich zwischen pH 5 und 6 der Beste<sup>[7]</sup>.

EDTA wird eher Düngern für Erdsubstrate zugesetzt, es hat hohe Affinität (Bindungswilligkeit) zu Calcium (und hält dann Calcium in Lösung)<sup>[7]</sup>. DTPA wurde Standard für Hydrokulturdünger in Europa<sup>[7]</sup>, die Ökotoxizität ist weitgehend unerforscht<sup>[10]</sup>.

Lösliche Huminstoffe kommen in der Natur in Humusböden, Torf und Braunkohle vor. Sie vermindern die Toxizität von Eisen, denn sie halten das Eisen als Eisen(II)-Komplex gebunden, dadurch sinkt aber auch die Bioverfügbarkeit des Eisens<sup>[11]</sup>.

## Anorganische Dünger

Jeder wässrige Hydrokulturdünger ist ein Volldünger bei dem alle genannten Nährstoffe künstlich zugegeben werden. Deshalb wurden seit den 1950er Jahren unterschiedliche Formeln und Ansätze entwickelt.

„Die meisten Pflanzen wachsen mit einem bestimmten Ionenkonzentrationsverhältnis optimal!“<sup>[12]</sup>

Name des Ions	Formel	Konzentrationsanteil in der Lösung [%]
Nitrat	$\text{NO}_3^-$	50 bis 70
Hydrogenphosphat	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	3 bis 20
Sulfat	$\text{SO}_4^{2-}$	25 bis 40
Kalium	$\text{K}^+$	30 bis 40
Calcium	$\text{Ca}^{2+}$	35 bis 55
Magnesium	$\text{Mg}^{2+}$	15 bis 30

Die Dosierungsangaben von flüssigen anorganischen Hydrokulturdünger befinden sich bei allen Produkten auf den Verpackungen.

Üblicherweise wird bei Mehrstoffdüngern das Verhältnis der Kernnährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) in % der handelsüblichen Bezugsbasis als „NPK-Wert“ angegeben, zum Beispiel (13/13/21). Diese Angabe bedeutet, dass der Dünger 13 % N; 13 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 21 % K<sub>2</sub>O enthält, siehe dazu auch NPK-Dünger.

## Ionenaustauscher-Granulat

Ionenaustauscher-Granulate sind feste Spezialdünger (NPK Volldünger) für die langzeitige Nährstoffversorgung in einer Hydrokultur. Diese versorgen die Pflanze mit einer einmaligen Düngung über mehrere Monate. Sie bestehen aus Kunstharz-Granulaten, welche mit Salzen (Nitrate, Phosphate und Kaliumsalze) beladen sind. Außerdem enthalten sie auch die notwendigen Mikronährstoffe.

Bei Zugabe von üblichem Leitungswasser wird das Ionenaustauscher-Granulat aktiviert. Es nimmt dann natürlich enthaltene Salze aus dem Leitungswasser auf und gibt im Tausch im Harz geladene Nährsalze ab. Die Salze lösen sich über einen langen Zeitraum auf (abhängig von der Nährstoffaufnahme der Pflanze), wobei die Nährstoffkonzentration im Gleichgewicht bleibt. Dies gewährleistet eine milde und langanhaltende Abgabe von Nährstoffen in einer pflanzenverträglichen Konzentration.

Das Kunstharz fungiert nicht nur als Träger für die Nährsalze. Es ist zusätzlich ein Puffer, um den pH-Wert stabil zu halten. Er löst sich nicht auf, sondern lässt nur verbrauchtes Kunstharz-Granulat zurück.

## Organische Dünger

Organische Düngemittel werden oft als Ergänzung zu anorganischem Hydrokulturdünger benutzt, denn anorganischer Dünger ist teurer.<sup>[3][2]</sup>

Organische Dünger werden hauptsächlich aus Tiermehl, Asche von Pflanzen oder Tierknochen, Dung von Masttieren und industriellen Pflanzenabfällen hergestellt.

Der ausschließliche Einsatz von organischem Dünger ist jedoch mit einigen Nachteilen verbunden:<sup>[2][3]</sup>

1. Da es sich um ein Naturprodukt handelt, variieren die chemischen Zusammensetzungen und Konzentrationen der Nährstoffe stark. Denn diese hängen von vielen Faktoren, wie z. B. der Nahrung des Tieres, ab.
2. Organischer Dünger kann eine Quelle für verschiedene Pflanzenkrankheiten sein.
3. Organischer Dünger ist oft schwer zu verarbeiten, aufgrund der unterschiedlichen Konsistenz und Größe.
4. Organische Dünger können starke Gerüche abgeben.
5. Organischer Dünger kann *Ammoniumverbindungen* enthalten. Damit diese nicht mikrobiell zu Ammoniak reduziert werden (der in die Luft ausgast und somit als Düngestickstoff nicht mehr zur Verfügung steht) muss wie bei Aquaponik das Ammonium mithilfe von Mikroorganismen in einem aeroben Prozess zu Nitrat umgebaut werden. Der Umbau erfolgt üblicherweise in Rieselfiltern (siehe dazu Pflanzenkläranlagen). Die Oxidation während der Bewässerungsphase ist nicht erwünscht, da der aerobe Prozess Sauerstoff verbraucht, der dann für die Wurzelatmung fehlt. Stickstoffversorgung mit  $\text{NH}_4^+$  anstelle von  $\text{NO}_3^-$  führt zu verminderter Wurzelbiomasse<sup>[6]</sup>. Allerdings wurde bei Gerste nachgewiesen, dass die Pflanzen für die Aufnahme von Ammoniumionen weniger (Zucker)Energie aufwenden müssen als für die Aufnahme von Nitraten.<sup>[13]</sup>
6. Wenn fester organischer Dünger verwendet wird, ist eine vorherige Verarbeitung notwendig (Zerkleinern, Sterilisieren, Homogenisieren usw.).

## Zucker

---

Wie den Nährlösungen zur Pflanzen-Zellzüchtung<sup>[14]</sup> wird auch Hydroponik-Düngerlösungen Saccharose<sup>[15]</sup> oder Melassesirup zugesetzt. Damit werden „nützliche Mikroorganismen“ (Trichoderma, Mykorrhiza und nützliche Bakterien), die in der Rhizosphäre an den Wurzelhaaren leben gefördert. Die Mikroorganismen liefern Enzyme, die die Aufnahme der Nährstoffe verbessern. Trichoderma etwa Chitinase, das Zellwände von Schadorganismen durchlässig macht und Cellulase, die Pilzhyphen Zugang zu Pflanzenwurzeln ermöglicht<sup>[16]</sup>.

Beispielsweise können bestimmte Pseudomonas-Stämme im Feinwurzelbereich das Wachstum von Tomaten, Gurken, Salat und Kartoffeln in hydroponischen Anlagen verstärken.<sup>[17]</sup>

## Bewurzelungshilfsstoffe

---

Manchen Nährlösungen sind Bewurzelungshormone und andere Phytohormone, beispielsweise Indolbuttersäure (IBA), Indolessigsäure (IES oder IAA), 1-Naphthyllessigsäure oder Gibberellinsäure (GA oder GA<sub>3</sub>) zugesetzt.

Auch durch Thiamin (Vitamin B<sub>1</sub>) lässt sich das Wachstum erwachsener Pflanzen und von Wurzeln steigern<sup>[18]</sup>, ebenso durch eine Mischung von  $10^{-5}$  bis  $10^{-7}$  mol Pyrimidin und Thiazol<sup>[18]</sup>. Auch Vitamin H und Vitamin K führen zu verbessertem Wurzelwachstum<sup>[19]</sup>.

Ein in der Grower-Szene (siehe dazu auch Grow! und Indoor-Growing) und für den (privaten) Gartenbau<sup>[20]</sup> oft empfohlenes sogenanntes Weidenwasser aus eingeweichten Weidenaustrieben enthält der Bewurzelung dienliche Wuchsstoffe,<sup>[20][21]</sup> zum gleichen Zweck der besseren Wurzelbildung bei Stecklingen wird auch

Honig zugesetzt<sup>[22][23]</sup>

Siehe dazu auch [Auxine#Zellteilung und Differenzierung](#).

Für die Stecklingsbewurzelung (mittels [Aeroponik](#) oder [Fogponics](#)) werden Bewurzelungsmittel auch in Pulverform (mit der Basis Gesteinsmehl wie beispielsweise [Talk](#)), in wässriger Lösung oder als [kalilauge](#) neutralisiertes [Polyacrylsäure](#)-Gel (derselbe Stoff wie in [Superabsorber-Babywindeln](#)) angeboten.

## Exsudate

---

Im Umlaufwasser der Hydroponik reichern sich [Exsudate](#) (Ausscheidungsstoffe der Wurzeln) an.

Aus Erdgas oder Erdöl gewonnenes CO<sub>2</sub> hat geringere Gehalte an <sup>14</sup>C als CO<sub>2</sub> aus der Luft, wo das radioaktiv zerfallende <sup>14</sup>C-Isotop durch Höhenstrahlung laufend nachgebildet wird. <sup>14</sup>C kann daher als Indikator und [Tracer](#) verwendet werden, um mithilfe von [Szintillationsspektrometern](#) den Weg oder den Gehalt von Molekülen, die auf Erdöl basieren, in Pflanzen zu bestimmen. Damit wurde nachgewiesen, dass bis zu 20 % des in einer Vegetationsperiode durch [Photosynthese](#) fixierten Kohlenstoffs in den Boden abgegeben werden. 64 - 86 % davon wurden durch Mikroorganismen veratmet, 2 - 5 % blieben im Boden zurück. Die Wurzel-Exsudate von [Mais](#) waren im Hauptanteil (79 %) wasserlöslich (davon waren 64 % [Kohlenhydrate](#), 22 % [Aminosäuren](#) oder [Amide](#) und 14 % organische Säuren)<sup>[24]</sup>.

Es liegt auf der Hand, das bei Hydrokultur mehr Exsudate aus dem Boden ausgewaschen werden als bei Erdkultur und sparsamer Wässerung (ohne Sickerwasser). Zuviel Regen oder ständige Wässerung bringt also die Mikroorganismen der Rhizosphäre um ihre Nahrung (die bei der Kreislaufführung des Gießwassers in der Hydrokultur der Rhizosphäre immer wieder zugeführt wird).

## Nährlösungen

---

Für die Hydrokultur werden verschiedene Nährlösungen unverdünnt verwendet, beispielsweise:

### Nährlösung nach Abram Steiner<sup>[25]</sup>

Folgende Tabelle zeigt die Zusammensetzung aller Nährstoffe in einer von Abram Steiner entwickelten Stammlösung:<sup>[26]</sup>

Nährstoff	Konzentration [mg/L]
Stickstoff	170
Phosphor	50
Kalium	320
Calcium	183
Magnesium	50
Schwefel	148
Eisen	4
Mangan	2
Bor	2
Zink	0,2
Kupfer	0,5
Molybdän	0,1

## Geschichtlich erste Nährlösung nach Sachs und Stöckhardt

Ein Liter fertige Lösung enthält:

1 g Kaliumnitrat  
 0,5 g Calciumsulfat  
 0,4 g Magnesiumsulfat  
 0,5 g Calciumhydrogenphosphat  
 und eine Spur Eisen-(III)-chlorid.

## Nährlösung nach Wilhelm Knop

Ein Liter fertige Lösung enthält:

1,00 g  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  Calciumnitrat  
 0,25 g  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  Magnesiumsulfat  
 0,25 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  Kaliumdihydrogenphosphat  
 0,25 g  $\text{KNO}_3$  Kaliumnitrat  
 Spuren  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  Eisen(II)-sulfat.

## Medium nach Pirson und Seidel<sup>[27]</sup>

Ein Liter fertige Lösung enthält<sup>[28]</sup>:

1,5 milliMol  $\text{KH}_2\text{PO}_4$   
 2,0 mM  $\text{KNO}_3$   
 1,0 mM  $\text{CaCl}_2$   
 1,0 mM  $\text{MgSO}_4$   
 18  $\mu\text{M}$  Fe-Na-EDTA  
 8,1  $\mu\text{M}$   $\text{H}_3\text{BO}_3$   
 1,5  $\mu\text{M}$   $\text{MnCl}_2$ .

## Nährmedium nach Epstein<sup>[29]</sup>

Ein Liter fertige Lösung enthält<sup>[30]</sup>:

1 mM  $\text{KNO}_3$   
 1 mM  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$   
 1 mM  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$   
 1 mM  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$   
 1 mM  $\text{MgSO}_4$   
 0,02 mM Fe-EDTA  
 0,025 mM  $\text{H}_3\text{BO}_3$   
 0,05 mM KCl  
 0,002 mM  $\text{MnSO}_4$   
 Spurenelemente:  
 0,002 mM  $\text{ZnSO}_4$   
 0,0005 mM  $\text{CuSO}_4$   
 0,0005 mM  $\text{MoO}_3$

## Spurenelementzusatz nach D. R. Hoagland (1884–1949)

Ein Liter fertige Lösung enthält<sup>[31]</sup>:

55 mg  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_2$   
 28 mg KJ  
 28 mg KBr  
 55 mg  $\text{TiO}_2$   
 28 mg  $\text{SnCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$   
 28 mg LiCl  
 389 mg  $\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$   
 614 mg  $\text{B}(\text{OH})_3$   
 55 mg  $\text{ZnSO}_4$   
 55 mg  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$   
 59 mg  $\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$   
 55 mg  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$

## Nährmedien zur Zellzüchtung

Da sich die Entwicklung von Wurzeln bei Stecklingen in Hydroponik-Kulturen sich nicht wesentlich von der Entwicklung von Einzelzellen oder Kallus-Gewebe bei In-vitro-Kulturen unterscheidet, werden dieselben Nährmedien oder *Spezialzusätze* wie für Pflanzen-Gewebekulturen (siehe dazu Murashige-Skoog-Medium) in der Hydroponik eingesetzt. Für die Differenzierung der Pflanzenzellen ist allerdings das Mengenverhältnis von Auxin zu Cytokinin maßgeblich. Bei einem Verhältnis von 10:1 entsteht ein Kallus, bei 100:1 bilden sich Wurzeln, bei anderer Verdünnung Stängel oder Blüten<sup>[32]</sup>. Durch Variation verschiedener Hydroponik-Nährlösungen wird so üblicherweise (und schneller als bei Erdkultur) „umgeschaltet“ auf forcierte Wurzelbildung, Wuchsphase oder Blütenbildung<sup>[33]</sup>

## Weblinks

- Libia I. Trejo-Téllez and Fernando C. Gómez-Merino: *Nutrient Solutions for Hydroponic Systems* (englisch) (PDF-Datei) (<https://www.intechopen.com/download/pdf/33765>)

## Einzelnachweise

- Matt LeBannister: *With a Little Help From Your (Many) Friends: Beneficial Microbe Populations in the Indoor Garden* (<https://www.maximumyield.com/with-a-little-help-from-your-many-friends-beneficial-microbe-populations-in-the-indoor-garden/2/1032>)
- Sholto Douglas, James: *Advanced guide to hydroponics: (soiless cultivation)*. Hrsg.: London: Pelham Books. ISBN 978-0-7207-1571-2.
- J. Benton, Jones: *Hydroponics: A Practical Guide for the Soiless Grower (2nd ed.)*. Hrsg.: Taylor & Francis. ISBN 978-0-8493-3167-1.
- Nährstoffe ([http://ich-mache-boden-gut.de/?page\\_id=348](http://ich-mache-boden-gut.de/?page_id=348)), private Website des verstorbenen Agrarjournalisten Rainer Maché.
- Ulrich Eckhardt: *Untersuchungen zur Eisenassimilation in Pflanzen*. Diss., Humboldt-Universität, Berlin 2000.
- Wolfgang Merbach: *Pflanzenernährung, Wurzeleistung und Exsudation*. Springer-Verlag, 2013, ISBN 978-3-663-01125-5, S. 74 (eingeschränkte Vorschau (<https://books.google.de/books?id=SGiCBwAAQBAJ&pg=PA74#v=onepage>) in der Google-Buchsuche).
- Chelates in hydroponic solutions (<https://manicbotanix.com/chelates-in-hydroponic-solutions/>)
- New Moon Publishing, Inc.: *The Best of The Growing Edge International, 2000–2005*. New Moon Publishing, Inc., 2005, ISBN 978-0-944557-05-1, S. 182 (eingeschränkte Vorschau (<https://books.google.de/books?id=IZD95wLhxIC&pg=PA182#v=onepage>) in der Google-Buchsuche).



9. L.L.Barton, J.Abadía (Herausgeber): *Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms*, Springer, Dordrecht, 2007, [ISBN 978-1-4020-4742-8](#)
10. George W. Ware: *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. Springer Science & Business Media, 2012, ISBN 978-1-4612-1964-4, S. 99 (eingeschränkte Vorschau (<https://books.google.de/books?id=64ApBAAAQBAJ&pg=PA99#v=onepage>) in der Google-Buchsuche).
11. VUORINEN, P. J., KEINÄNEN, M., PEURANEN, S. & TIGERSTEDT, C. (1999): Effects of iron, aluminium, dissolved humic material and acidity on grayling (*Thymallus thymallus*) in laboratory exposures, and a comparison of sensitivity with brown trout (*Salmo trutta*); *Boreal Environment Research* 3: 405–419, Helsinki 19. Januar 1999; zitiert in: Rainer Kruspe, Jürgen Neumann, Michael Opitz, Susanne Theiss, Wilfried Uhlmann, Kai Zimmermann: *Fließgewässerorganismen und Eisen – Qualitative und quantitative Beeinflussungen von Fließgewässer-organismen durch Eisen am Beispiel der Lausitzer Braunkohlenfölgelandschaft*; Schriftenreihe, Heft 35/2014; Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Freistaat Sachsen; Seite 53; (PDF-Datei) (<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13408/documents/32070>)
12. J. Benton Jones, Jr.: *Complete Guide for Growing Plants Hydroponically*. Hrsg.: Taylor & Francis Group, LLC. ISBN 978-1-4398-7669-5.
13. A. J. Bloom, S. S. Sukrapanna, R. L. Warner: *Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by barley*. In: *Plant physiology*. Band 99, Nummer 4, August 1992, S. 1294–1301, PMID 16669035, PMC 1080623 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1080623/>) (freier Volltext).
14. M. K. Razdan: *Introduction to Plant Tissue Culture*. Science Publishers, 2003, ISBN 978-1-57808-237-7, S. 22 (eingeschränkte Vorschau ([https://books.google.de/books?id=oe\\_lilY\\_tvSc&pg=PA22#v=onepage](https://books.google.de/books?id=oe_lilY_tvSc&pg=PA22#v=onepage)) in der Google-Buchsuche).
15. Dorina Podar: *Plant Growth and Cultivation*, in: Frans J.M. Maathuis (Herausgeber): *Plant Mineral Nutrients: Methods and Protocols*, Methods in Molecular Biology, vol. 953, doi:10.1007/978-1-62703-152-3\_2, (PDF-Datei) ([https://www.springer.com/cda/content/document/cda\\_downloaddocument/9781627031516-c1.pdf?SGWID=0-0-45-1351114-p174539862](https://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9781627031516-c1.pdf?SGWID=0-0-45-1351114-p174539862)), Seite 37.
16. Eric Hopper: *Below The Surface: Root Growth Stimulation and Microorganisms PDF (1163 K)* (<https://www.maximumyield.com/below-the-surface-root-growth-stimulation-and-microorganisms/2/1038>)
17. Ron van Peer and , Bob Schippers: *Plant growth responses to bacterization with selected Pseudomonas spp. strains and rhizosphere microbial development in hydroponic cultures*, *Canadian Journal of Microbiology*, 1989, 35(4): 456-463, doi:10.1139/m89-070.
18. Fritz von Wettstein: *Fortschritte der Botanik*. Springer-Verlag, 2013, ISBN 978-3-642-92427-9, S. 284 (eingeschränkte Vorschau (<https://books.google.de/books?id=7higBgAAQBAJ&pg=PA284#v=onepage>) in der Google-Buchsuche).
19. Thorsten Hemberg: *The Effect of Vitamin K and Vitamin H' on the Root Formation in Cuttings of Phaseolus Vulgaris L.*, Department of Botany of the Royal Pharmaceutical institute, Stockholm, 1952, doi:10.1111/j.1399-3054.1953.tb08929.x
20. Maria Hutter: *Weidenwasser hilft Stecklingen* (<https://sbg.lko.at/weidenwasser-hilft-stecklingen+2500+2731086>), Website der [Landwirtschaftskammer Salzburg](#)
21. Deron Caplan, Jonathan Stemeroff, Mike Dixon, Youbin Zheng: *Vegetative propagation of cannabis by stem cuttings: effects of leaf number, cutting position, rooting hormone, and leaf tip removal.*, *Canadian Journal of Plant Science*, 2018, 98(5): 1126-1132, doi:10.1139/cjps-2018-0038 (<https://doi.org/10.1139/cjps-2018-0038>).
22. Otto Henke, Gerhard Schäller: *Vorkommen und Bedeutung der Pflanzenwuchsstoffe*, *Botanica Marina*, Band 8, Heft 1, Seiten 156–166, ISSN (Online) 1437-4323, ISSN (Print) 0006-8055, 1964(verfasst) und 2009 (wiederveröffentlicht)
23. Okunlola Ibironke, Oyedokun Victor: *Effect of Media and Growth Hormones on the Rooting of Queen of Philippines (Mussaenda philippica)*, (PDF-Datei) (<https://www.longdom.org/open-access/effect-of-media-and-growth-hormones-on-the-rooting-of-queen-ofphilippines-mussaenda-philippica-2376-0354-1000173.pdf>), *J.Hortic* 2016, 3:1, doi:10.4172/2376-0354.1000173
24. Birgit W. Hütsch, Jürgen Augustin, Wolfgang Merbach: *Plant rhizodeposition – An important source for carbon turnover in soils* (<https://www.researchgate.net/publication/230290633>), *Journal*

- of Plant Nutrition and Soil Science, 165(4):397 – 407 · August 2002
25. Tom Alexander: *Best of Growing Edge*. New Moon Publishing, Inc., 2000, ISBN 978-0-944557-03-7, S. 52 (eingeschränkte Vorschau (<https://books.google.de/books?id=spOi7N2slikC&pg=PA52#v=onepage>) in der Google-Buchsuche).
  26. Faulkner, S. P.: *The Growing Edge*. 4. Auflage. Nr. 9, S. 43–49.
  27. André Pirson, Franz Seidel: *Zell- und stoffwechselphysiologische Untersuchungen an der Wurzel von Lemna minor L. unter Berücksichtigung von Kalium- und Kalziummangel*. Planta 38: 431473. 1950
  28. modifiziertes Nährmedium nach Pirson und Seidel, zitiert nach Daniela Schraut: *Auswirkungen von externen Stressbedingungen auf die radialen Wasser- und ABA-Flüsse und den endogenen ABA-Gehalt des Wurzelgewebes von Maiskeimlingen (Zea mays L.)*. (Anmerkung: Die Substanzen sind in der Quelle ohne Kristallwasser vermerkt, wegen der Angabe in mM können sowohl Rohstoffe mit oder ohne Kristallwasser verwendet werden)
  29. Epstein, E.: *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. John Wiley and Sons, Inc., New York, London, Sydney, Toronto. 1972.
  30. modifiziertes Nährmedium nach Epstein, zitiert nach Nicole Geißler: *Untersuchungen zur Salztoleranz von Aster tripolium L. und deren Beeinflussung durch erhöhte atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration*, Gießen, 2006 (Anmerkung: Die Substanzen sind in der Quelle ohne Kristallwasser vermerkt, wegen der Angabe in mM können sowohl Rohstoffe mit oder ohne Kristallwasser verwendet werden)
  31. A-Z-Lösung (<http://www.bdsoft.de/demo/index.htm?/demo/biologie/lexikon/a/a-z-loesung.htm>)
  32. Munk, Grundstudium der Biologie – Bd. Botanik, 2001, Spektrum Verlag; zitiert in: *Scriptum 'Phytohormone' der Universität Graz (PDF-Datei)* ([https://static.uni-graz.at/fileadmin/nawi-institut\\_e/Botanik/Files/Auxin\\_und\\_Cytokinin.pdf](https://static.uni-graz.at/fileadmin/nawi-institut_e/Botanik/Files/Auxin_und_Cytokinin.pdf))
  33. Erwin Beck, Katja Hartig: *Wie Hormone die Zellteilung der Pflanzen kontrollieren*, Biol. Unserer Zeit, 4/2009 (39), (PDF-Datei) ([https://static.uni-graz.at/fileadmin/nawi-institute/Botanik/Files/Auxin\\_und\\_Cytokinin.pdf](https://static.uni-graz.at/fileadmin/nawi-institute/Botanik/Files/Auxin_und_Cytokinin.pdf))
- 

Abgerufen von „<https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hydrokulturdünger&oldid=202252918>“

---

**Diese Seite wurde zuletzt am 27. Juli 2020 um 08:32 Uhr bearbeitet.**

Der Text ist unter der Lizenz „Creative Commons Attribution/Share Alike“ verfügbar; Informationen zu den Urhebern und zum Lizenzstatus eingebundener Mediendateien (etwa Bilder oder Videos) können im Regelfall durch Anklicken dieser abgerufen werden. Möglicherweise unterliegen die Inhalte jeweils zusätzlichen Bedingungen. Durch die Nutzung dieser Website erklären Sie sich mit den Nutzungsbedingungen und der Datenschutzrichtlinie einverstanden. Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.