

seit 1663
Hauert



**Das Wichtigste
zur Düngung**

Eisen
Mangan
Kupfer
Calcium
Phosphor
Stickstoff
Molybdän
Schwefel
Bor
Magnesium

Impressum:

Das Wichtigste zur Düngung
8. Auflage, neu überarbeitet – 2023
Herausgeber: Hauert HBG Dünger AG, CH-3257 Grossaffoltern

Bezugsadresse Schweiz:
Hauert HBG Dünger AG
CH-3257 Grossaffoltern
Telefon +41 (0)32389 10 10
info@hauert.com
www.hauert.com

Bezugsadresse Deutschland:
Hauert MANNA Düngerwerke GmbH
Hahnenbalz 35
D-90411 Nürnberg
Telefon +49 (0) 911 941 18 18 0
kontakt@hauert.com
www.hauert-manna.com

Abdruck mit Quellenangabe gestattet,
Belegexemplar erwünscht.

Schutzgebühr: CHF 22.-

Das Wichtigste zur Düngung



Inhalt

Seite	Kapitel	Inhalt
4		Inhalt
5		Vorwort
6	01	Ziele der Pflanzenernährung
7	02	Geschichte der Düngung
8–15	03	Nährstoffversorgung der Pflanzen, Tabelle Symptome
16–27	04	Verfügbarkeit von Nährstoffen in natürlichen Böden und Kultursubstraten
28–33	05	Wasser – ein wichtiger Nährstoff
34–43	06	Nährstoffmangel und deren Korrektur
44–57	07	Düngemittel
58–71	08	Düngung einzelner Kulturen
72–73	09	Düngung im Biolandbau
74–81	10	Laboruntersuchungen und Schnellmethoden
82–85	11	Kompostierung und Verwendung von Kompost
86–89	12	Massnahmen zur Korrektur des pH-Wertes und der Wasserhärte
90–93		Anhang
94–95		Literaturhinweise
96–97		Über Hauer Unsere Technologien
98–99		Über SWISS GREEN



Bei diesem Zeichen wird etwas genau unter die Lupe genommen, um Interessierten detaillierte Informationen zukommen zu lassen.



Hier erfahren Sie in kompakter Form die wichtigsten Fakten zum jeweiligen Thema.

Vorwort

Das Wichtigste zur Düngung

Lassen Sie mich auf eine kleine Beobachtung zum Informationszeitalter zu sprechen kommen.

Unlängst ist mir aufgefallen, dass es oft schwieriger und mühevoller ist, aus einer Fülle an Informationen die wesentlichen zu isolieren, als zu wissen, dass es die Information noch gar nicht gibt und man sich das Wissen und die Erkenntnis selbst erarbeiten muss.

Wer sich in der Grünen Branche bewegt, weiss, dass seit Dekaden an Forschungsanstalten, in Industrie und Gewerbe aufwändiges Versuchs- und Forschungswesen betrieben wird. Wir wissen auch, dass im letzten Jahrhundert die pflanzenbauliche Produktivität um ein x-Faches gestiegen ist, dass spezialisierte Gärtnereien in der Lage sind, Zierpflanzen in gewaltigen Stückzahlen zu produzieren oder dass heute sogar im tiefen Winter auf trittfestem, grünem Rasen Fussball gespielt wird.

Für die Fachkräfte der Firma Hauert, die sich seit langer Zeit mit Pflanzenbau und Pflanzenernährung beschäftigen, wäre es mehr als verwegen zu behaupten, dass keine Informationsbasis bestünde. Was blieb, war folglich die Herkulesaufgabe der aufwändigen Recherche und Selektion.

Das Agronomie-Team hat sich der Aufgabe mit Engagement angenommen und es ist ihnen ausserordentlich gut gelungen, das richtige Mass an Wissen und Theorie aus dem „Informationssubstrat“ zu extrahieren. Mit der 8. Auflage liegt ein überarbeitetes Werk vor, welches sich in 12 übersichtlichen Kapiteln dem Wichtigsten zur Düngung gründlich annimmt.

Wir sind stolz, dass wir als Firma Hauert richtig formulierte, ökonomisch effiziente und ökologisch sinnvolle Düngemittel produzieren und dank langjährigem Wissen und der Offenheit neuen Ideen gegenüber seit langen Jahren tief in der Grünen Branche verwurzelt sind.

Wir sind aber auch stolz, dass wir der Gärtnerschaft mit unserer Neuauflage eine Schrift zu Verfügung stellen, welche in Ausbildung und Praxis als Quelle fundierter Informationen rund um die Pflanzenernährung dient.

Philipp Hauert

Grossaffoltern, Juni 2023

Die Ziele der Pflanzenernährung

- Optimierung des Pflanzenwachstums und der Pflanzenqualität
- Nachhaltige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit
- Minimierung düngungsbedingter Umweltbelastungen

Damit diese Ziele erreicht werden können, bedarf es eingehender Kenntnisse über Boden, Wasser, Pflanzen und Dünger.

Eine bedarfsgerechte Versorgung der Pflanzen mit allen notwendigen Nährelementen ist die Voraussetzung für ein gesundes, harmonisches Pflanzenwachstum. Die bedarfsgerechte Nährstoffversorgung ist damit die wirksamste Pflanzenstärkung.

Zur Geschichte der Düngung

Der Ackerbau begann im Nahen Osten ungefähr **10'000 v. Chr.** und erreichte die Schweiz ungefähr **5'000 v. Chr.** in der Form eines Wander-Ackerbaus; wenn also an einem Standort wegen intensiver Sammelwirtschaft oder Anbau ohne Düngung die Erträge abnahmen, wanderten die Menschen weiter an einen neuen, „unverbrauchten“ Standort.

Vor 3'000 bis 2'000 Jahren begann man, als Düngemittel Mist, Stroh, menschliche Fäkalien, Schlamm, Tang, Asche, Mergel, Kalk und Gips einzusetzen. Bis ins Mittelalter zeichnete sich die Landwirtschaft durch mehr oder weniger geschlossene Nährstoffkreisläufe auf sehr tiefem Niveau aus. Am Ende des Spätmittelalters, als sich die Bevölkerung von dem pestbedingten Einbruch des 14. Jahrhunderts erholt hatte, konnte jedoch die steigende Bevölkerungszahl nicht mehr ausreichend mit Lebensmitteln versorgt werden. Schlechte Klimaphasen, so zum Beispiel in der Reformationszeit die Jahre 1510-1525, und Ertragseinbussen infolge Pflanzenkrankheiten führten zu einer Zunahme von Hungersnöten und Bauernrevolten.

1663 Gründung der Firma Hauert als Ledergerberei.

Bis gegen 1800 wurde dem Boden durch das Einhalten von Bracheunterbrüchen, auch bekannt unter dem Begriff „Dreizehnenbrachwirtschaft“, in den getreidebetonten Fruchtfolgen die Möglichkeit zu Regeneration und Freisetzung von Boden-Nährstoffen gegeben. In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts wurde dann in der Landwirtschaft vermehrt experimentiert; ein bekannter Vertreter ist Kleinjogg, der Musterbauer Jakob Gujer, der in Rümlang einen berühmten Hof bewirtschaftete. Er baute bereits Futterpflanzen, wie beispielsweise Klee, für die Viehfütterung an.

Um 1820 kam die Humustheorie von Albrecht Thaer (1752-1828) auf, dem Leiter der ersten deutschen landwirtschaftlichen Akademie, wonach die Pflanze tierische und pflanzliche Rückstände im Zustand der Zersetzung aufnehmen kann. Die Asche (Mineralstoffe) zeigte eine vorerst unerklärliche anregende Wirkung auf das Pflanzenwachstum.

Ab 1840 verbreitete sich die Mineralstofftheorie. Nach Aschenanalysen, Wasserkulturen und Gefässversuchen fasste Justus von Liebig (1803-1873) die vorhandenen Theorien zur „Mineralstofftheorie“ im Buch „Agrikulturchemie“ zusammen. Er zeigte, dass ein Boden auch ohne Humusdüngung fruchtbar ist und bleibt, wenn ihm die entzogenen Mineralstoffe in anderer Form zurückgegeben werden.

Im Zeitraum **von 1840-1930** führte die Erkundung der agrikulturchemischen Grundlagen zur raschen Entwicklung der uns heute bekannten wasserlöslichen Mineraldünger. Nach ersten Erfolgen mit den neuen Mineraldüngern zeigten sich aber bald auch ernsthafte Probleme:

- unausgeglichene Ernährung der Pflanzen,
- Vernachlässigung der Humuswirtschaft,
- Schäden durch Überdüngung oder falsche Handhabung,
- Beeinträchtigung der Produktequalität,
- unerklärliche Mangelsymptome.

Erst **um 1930** brachte die Berücksichtigung der Bodenfruchtbarkeit (pH-Wert, Tonanteil, Wasserangebot usw.) sowie der Spurenelemente (1922-1939) die Düngung wieder einen grossen Schritt weiter. Im Verbundsystem mit einem modernen Pflanzenschutz und den Fortschritten in der Pflanzenzüchtung konnten die Erträge der Kulturpflanzen stark gesteigert werden.

Seit 1967 stehen speziell für die gärtnerischen Kulturen (Topfpflanzen, Baumschulen, Rasen) entwickelte Langzeitdünger auf der Basis harzhüllter Granulate zur Verfügung. Diese Düngertechnologie wurde laufend weiterentwickelt. Sie ist heute in diesen Kulturen unentbehrlich.

Seit dem Jahr 1990 wird die Düngung als Teil der „Integrierten Produktion“ betrachtet. Nebst den pflanzenbaulichen Parametern (Boden, Sortenwahl, Pflanzenschutz) wird dabei auch die Umwelt in die Anbauentscheidungen mit einbezogen (z. B. Nährstoffbilanz).

Die Nährstoffversorgung der Pflanzen

Pflanzen benötigen für das Wachstum eine grosse Anzahl an chemischen Elementen. Diese müssen ihnen über die Wurzeln oder über die Blätter in mineralisierter Form zur Verfügung stehen. Die Pflanze unterscheidet dabei nicht, ob diese Nährstoffe ursprünglich von verwittertem Gestein, von abgestorbenen Pflanzen, von Tieren, aus dem Bergwerk oder aus der chemischen Fabrik kommen.

Aus einem gesunden, gut strukturierten Boden mit ausgeglichener Nährstoffversorgung kann sich die Pflanze alle erforderlichen Nährstoffe holen. In der Praxis existieren aber nur selten optimale Voraussetzungen. Damit das Optimum wieder hergestellt werden kann, sind deshalb umfangreiche Kenntnisse betreffend Boden, Nährstoffaufnahme und Funktion der einzelnen Nährstoffe unerlässlich. Noch höhere Anforderungen an die Pflanzenernährung stellen der Anbau in Erdsubstraten (in Töpfen oder Containern) sowie der erdlose Anbau.

Die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe

Gruppierung		Nährstoff	wichtig für:
	Element aus dem Wasser	Wasserstoff H	Strukturbausteine (Gerüstsubstanz), Reservestoffe (Kohlehydrate, Fette)
	Element aus der Luft	Kohlenstoff C	
	Element aus Wasser und Luft	Sauerstoff O	
Makronährstoffe	Primärnährstoffe	Stickstoff N	Wachstum, Bildung von Eiweiss und Blattgrün; «Gaspedal des Wachstums»
		Phosphor P	Energiestoffwechsel; Bildung von Wurzeln, Blüten und Früchten
		Kalium K	Wasserhaushalt, Pflanzengesundheit, Widerstandskraft, Winterfestigkeit, fördert Reservestoffbildung
	Sekundärnährstoffe	Magnesium Mg	Bildung von Blattgrün; Photosynthese
		Calcium Ca	Aufbau und Stabilität der Zellwände
		Schwefel S	Bestandteil einiger Aminosäuren (Bestandteile der Eiweisse)
Spurennährstoffe	Eisen Fe	Bildung von Blattgrün, Energiestoffwechsel (Bestandteil von Enzymen)	
	Mangan Mn	Photosynthese (Chlorophyllbildung), Nitratreduktion	
	Bor B	Aufbau, Teilung, Differenzierung der Zellen, Transport der Kohlenhydrate	
	Zink Zn	Bildung von Kohlehydraten und Eiweissen	
	Kupfer Cu	Eiweissbildung, Bildung von Chlorophyll; Bildung von Enzymen	
	Molybdän Mo	Umwandlung von Nitrat in Eiweiss, Bildung von Enzymen	

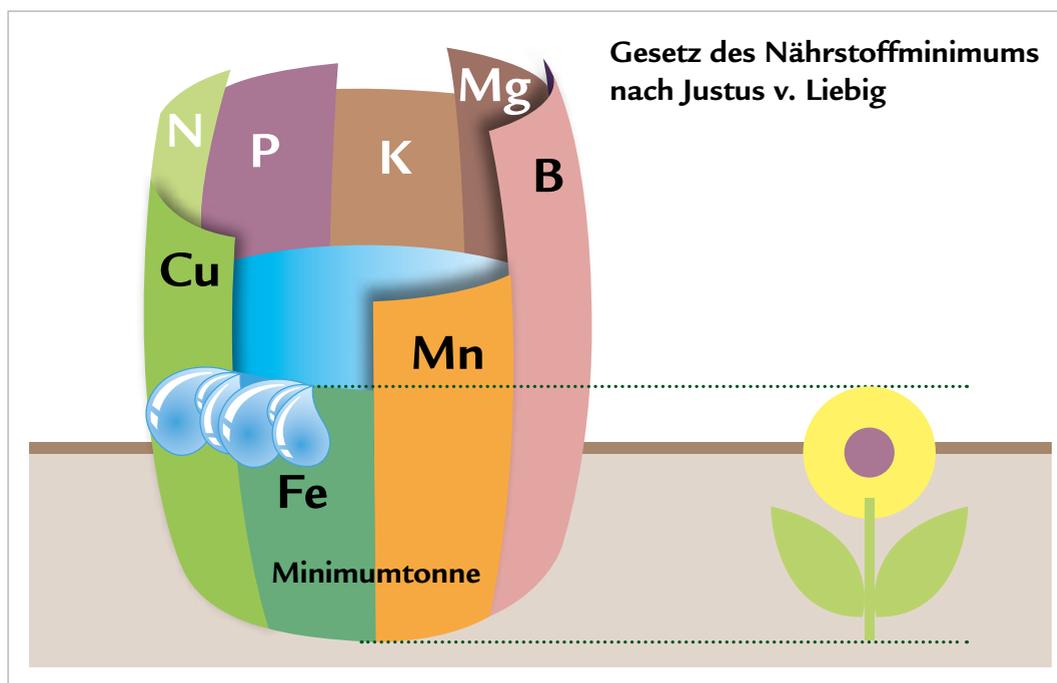
Die Beschreibungen der spezifischen Funktionen dieser Elemente in den Pflanzen sind im Kapitel 6 über die Nährstoffmangelsymptome und Korrekturmöglichkeiten zu finden (siehe Seite 34 ff.).

Nebst diesen lebensnotwendigen Stoffen beeinflussen weitere Wirkstoffe das Pflanzenwachstum. Sie werden von den Pflanzen selbst gebildet, können jedoch auch von aussen zugeführt werden, so durch organische Dünger, Meeresalgenkalk, Pflanzenextrakte oder durch synthetische Produkte.

Wirkstoffe können sich einerseits positiv auf das Pflanzenwachstum auswirken oder aber eine wachstumshemmende Wirkung entfalten, sei es absichtlich als Stauchmittel zur Reduktion des Längenwachstums, oder unbeabsichtigt durch Ausscheidungen von benachbarten Pflanzen oder Abbauprodukte von Ernterückständen.

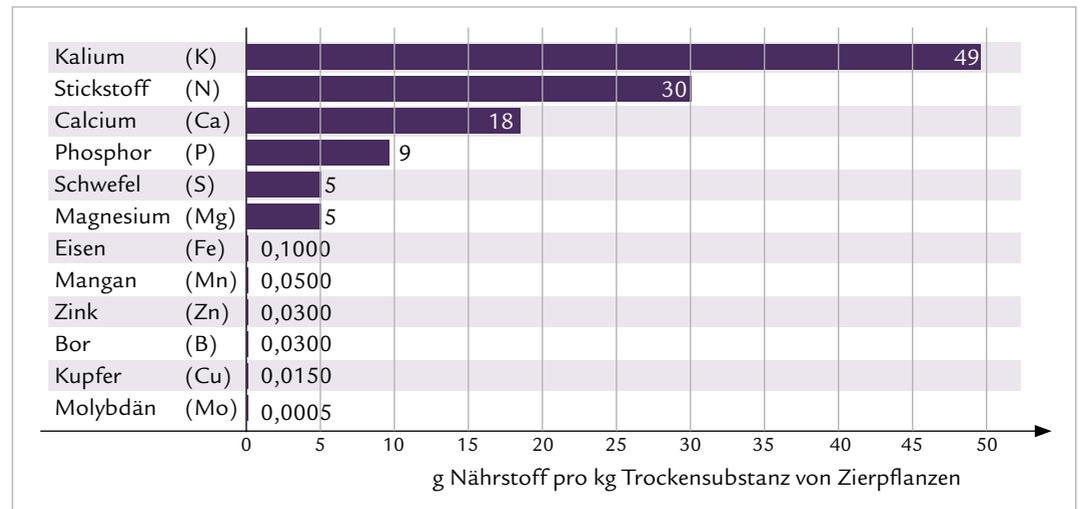
Das Gesetz des Minimums

Jedem einzelnen Nährstoff kommt in der Pflanzenernährung eine ganz spezielle Funktion zu. Wichtig dabei ist, dass alle für das Pflanzenwachstum notwendigen Nährelemente im richtigen Verhältnis vorhanden sind. Denn eine Pflanze richtet ihr Wachstum nach demjenigen Nährstoff, der im Verhältnis am wenigsten vorhanden ist (siehe Abbildung „Nährstofftonne“). Die benötigte Menge der einzelnen Nährstoffe ist sehr unterschiedlich. Trotzdem ist jeder für die Pflanzenentwicklung gleich wichtig.



Das Gesetz des Nährstoffminimums bezieht sich auf den relativen Bedarf. Absolut gesehen ist der Nährstoffbedarf je nach Element allerdings sehr unterschiedlich.

Die folgende Grafik zeigt den mittleren Nährstoffbedarf (g) für die Produktion von 1 kg Trockensubstanz am Beispiel einer Topfpflanze.



Die Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanzen

Die Pflanze nimmt die meisten Nährstoffe über die Wurzeln auf, wobei jeder Nährstoff gemäss seiner speziellen Form aufgenommen wird (siehe Kasten). Dies können Moleküle (z. B. CO_2 , H_2O) oder elektrisch geladene Teilchen (Ionen) sein. Ionen sind als Kationen und Anionen die

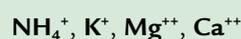
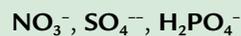
Bestandteile der mineralischen Düngemittel (hauptsächlich Mineralsalze). Organische Stickstoffdünger bestehen zu einem Teil aus organischen Molekülen. Diese können erst in abgebauter beziehungsweise mineralisierter Form von den Pflanzen aufgenommen werden.



In welcher Form werden die Nährstoffe aus dem Boden aufgenommen?

Entscheidend für die Nährstoffaufnahme ist nebst der Durchwurzelung (Volumen und Intensität) die Konzentration von Nährstoffen in pflanzenverfügbarer Form in der Bodenlösung.

Die Makroelemente nimmt die Pflanze als Anionen (in der höchsten Oxydationsstufe) oder als Kationen auf:



Ammonium (NH_4^+) kann die Pflanze gleich gut aufnehmen wie Nitrat (NO_3^-). Diese Stickstoffform liegt aber unter normalen Bedingungen nur nach einer Ammoniumdüngung während kurzer Zeit in nennenswerten Mengen im Boden vor. Nach 15-20 Tagen wird Ammonium in Nitrat umgewandelt. Dieser Prozess ist stark

abhängig von der Bodentemperatur und der Bodenbeschaffenheit.

Die Pflanze nimmt die Spurenelemente häufig als zweiwertige Kationen (Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+}) auf. Je nach Bodenart können diese Ionen aber oxidiert werden, womit sie für die Wurzeln nicht mehr verfügbar sind. Werden diese Spurenelemente den Pflanzen aber als Chelate (Organometallkomplex) zur Verfügung gestellt, sind sie im Boden vor Blockierung geschützt.

Bor und Molybdän werden in ihrer höchstoxidierten Form aufgenommen (HBO_3^- , MoO_4^{2-}).

Wie werden die Nährstoffe für die Wurzel aufnehmbar?

Nährstoffe in Bodenlösung: ein sehr kleiner Teil der Nährstoffe ist in der Bodenlösung gelöst. Dieser Teil kann direkt von den Wurzeln aufgenommen werden

Aufschluss durch Säureangriff:

Pflanzen nehmen unter normalen Bedingungen positiv geladene Ionen – Kationen wie K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} – in grösserer Zahl und rascher auf, als die für die Ernährung notwendigen Anionen (NO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{--} usw.). Die Pflanze ist bestrebt, für einen Ausgleich der Ladungsverhältnisse im Innern zu sorgen. Sie reagiert deshalb mit der Bildung von organischen Säuren sowie mit der Abgabe von H^+ -Ionen über die Wurzeln an die Wurzelumgebung (Erde, Substrat oder Wasser).

Die Abgabe von H^+ -Ionen bewirkt einerseits direkt eine pH-Senkung im Wurzelbereich (auch wenn das Nährmedium allgemein im Neutralbereich liegt, können im Bereich der Feinwurzeln pH-Werte von 2,3 – 3 nachgewiesen werden). Andererseits werden an den Ladungsstellen des Bodens – im Ton, Humus usw. – gebundene Kationen wie K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} oder NH_4^+ abgelöst und pflanzenverfügbar gemacht.

Aufschluss durch Komplexbildung:

Neben H^+ -Ionen scheiden die Wurzeln auch organische Anionen aus. Diese können z. T. als Chelatoren Metallionen der Kristallgitter angreifen und als Metallchelate komplexieren.

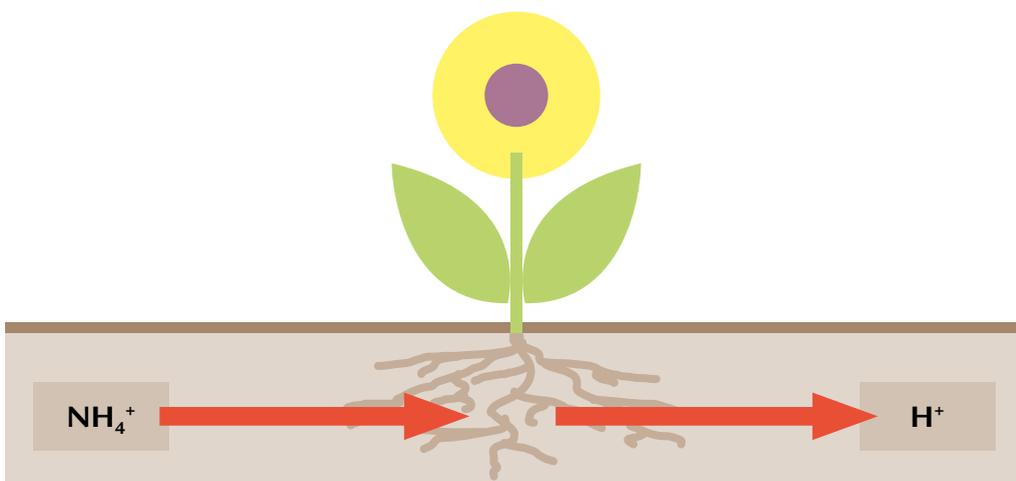
Aufschluss durch Ausscheidung organischer Stoffe:

Die Ausscheidung organischer Stoffe durch die Wurzel fördert das Mikroorganismenleben in Wurzelnähe (Rhizosphäre). Dadurch werden der mikrobielle Aufschluss anorganischer Verbindungen und der Humusabbau gefördert. Auch Pilze, hauptsächlich aus den Familien der Glomeromycota und Basidiomycota, können an den Wurzeln höherer Pflanzen zu einer verbesserten Aufnahme führen. Durch die Besiedelung der Pilze wird die Wurzeloberfläche massgeblich vergrössert, und dadurch auch das Aufnahmepotential. Die Pilze leben artspezifisch in Symbiose mit höheren Pflanzen. Bei guter Nährstoffversorgung des Bodens nimmt ihre Artenzahl rasch ab und die direkte Nährstoffaufnahme der Wurzeln aus der Bodenlösung dominiert. Nachdem die Nährstoffe aus dem Boden in die Wurzeln gelangt sind, werden sie durch das Xylem (holziger Teil des Leitgewebes) zu den Blättern transportiert.

Über das Blatt kann die Pflanze nur sehr kleine Nährstoffmengen aufnehmen. Erfolgt die Aufnahme aber über das Blatt, sind sie bereits am Hauptwirkungsort. Die Wirkung tritt daher bei einer Blattdüngung rascher ein, als bei einer Düngung über den Boden. Die Blattdüngung ist daher insbesondere bei Spurenelementen erfolgreich, wo bereits kleinste Mengen eine grosse Wirkung haben.



Physiologische pH-Senkung im Wurzelraum



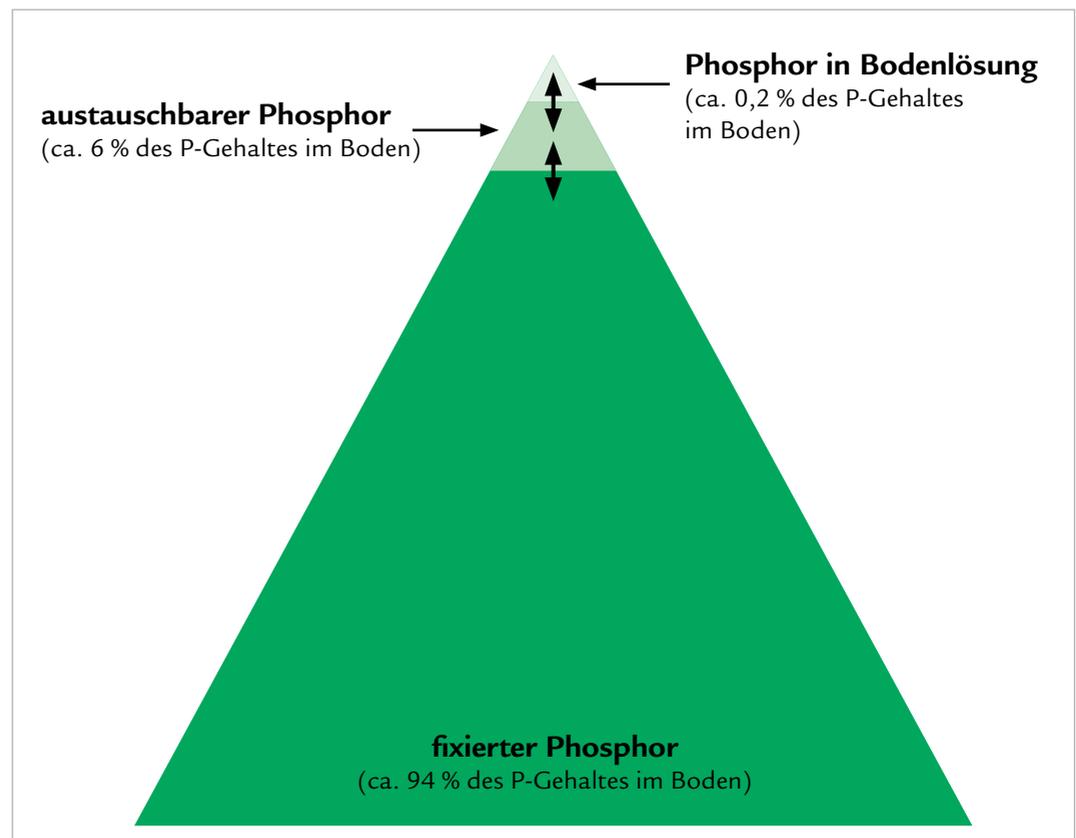
Die Nährstoffreserven eines Bodens

Mit Ausnahme des Stickstoffs, auf den weiter unten in diesem Abschnitt eingegangen wird, sind pflanzenverfügbare Nährstoffreserven im Boden hauptsächlich als anorganische Verbindungen vorliegend und können durch Bodenanalysen ermittelt werden.

Phosphor geht im Boden mit Calcium (und Magnesium), wenn vorhanden, und bei tiefem pH-Wert auch mit Eisen (und Aluminium) Verbindungen ein. Kationen, wie z. B. Kalium, werden dagegen an Tonpartikel angelagert. Je nach Bodenart enthält ein Boden mehr oder weniger Reserven an diesen beschriebenen Formen.

Ein grösserer Teil dieser adsorbierten Nährstoffe kann von der Pflanze durch die Ausscheidung der H^+ -Ionen während dem aktiven Wachstum ausgetauscht und aufgenommen werden. Bei den meisten anderen Nährstoffen laufen im Boden ähnliche Prozesse zwischen „in Bodenlösung bzw. leicht pflanzenverfügbar“, „austauschbar“ und „fixiert“ ab. Mit den gängigen Bodenuntersuchungsmethoden werden die pflanzenverfügbaren und die austauschbaren Fraktionen eines Nährstoffes analysiert. Eine Übersicht der gängigen Analysemethoden befindet sich auf Seite 75.

Die Verfügbarkeit der Nährstoffe am Beispiel des Phosphors



Antagonismen und Synergismen bei der Nährstoffaufnahme

Die einzelnen Nährstoffe stehen in gegenseitigen Wechselbeziehungen. Je nach Zusammensetzung der verschiedenen Nährstoffe in der Bodenlösung kann eine Konkurrenzsituation auftreten. Ein Übermass des einen Nährstoffs blockiert die Aufnahme eines anderen. Aber auch das Gegenteil ist möglich: Gewisse Nährstoffe fördern die Aufnahme gegenseitig. Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten dieser Wechselbeziehungen.

Die wichtigsten Wechselwirkungen der Nährstoffaufnahme (über Boden)

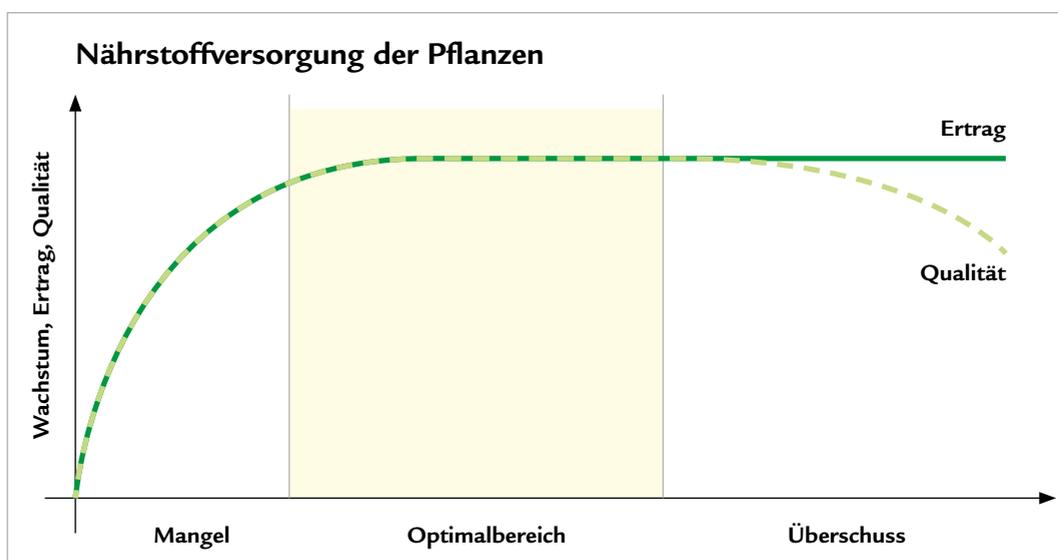
Ursache	Wirkung	
	erschwerete Aufnahme von: (Antagonismus):	fördert die Aufnahme von: (Synergismus):
hohe Konzentration von:		
NH ₄ (Ammonium)	Ca, Mg, K	P, SO ₄ (Sulfat)
NO ₃ (Nitrat)	P	Ca, Mg, Mn, K
Ca (Calcium)	K, Mg, Fe, B, Mn	
K (Kalium)	Ca, Mg, NH ₄ (Ammonium), B	NO ₃ (Nitrat)
Mg (Magnesium)	Ca, K	P
Mn (Mangan)	Mg, Fe, Zn, NH ₄ (Ammonium)	
Cl (Chlor)	P, NO ₃ (Nitrat)	Ca
Na (Natrium)	Ca	P
P (Phosphor)	Fe (Ca, B, Cu)	Zn
Cu (Kupfer)	Fe, B	
SO ₄ (Sulfat)	Mo	Ca
Zn (Zink)	P	
optimale Versorgung von:		
B (Bor)		K, Ca, P
Ca (Calcium)		K (Viets-Effekt)
Mangel von:		
B (Bor)	K, Mg, P (=„Kohlenhydratstau“)	
Ca (Calcium)	K	

Einfluss der Pflanzenernährung auf Ertrag, Qualität und Resistenz beziehungsweise Toleranz

Auch in der Pflanzenernährung ist das richtige Mass entscheidend. Sowohl ein Zuwenig als auch ein Zuviel eines Nährstoffes wirken sich negativ auf die Pflanzen aus. Steht der Pflanze von einem Nährstoff mehr als die optimale Menge zur Verfügung, geht dies häufig zulasten der Produktequalität und bei einer Überschussversorgung treten zunehmend Schadsymptome auf (Toxizitätsgrenzwert).

In der untenstehenden Grafik ist der Ertragsverlauf in Abhängigkeit von der Versorgungsstufe dargestellt.

Bei verschiedenen Spurenelementen liegt das Optimum in einem engen Bereich. Eine Unterversorgung führt zu Mangel und eine Überversorgung führt schnell zu starken Entwicklungsstörungen. Ebenfalls erwiesen ist, dass eine genügende Stickstoff- und Kaliversorgung die Trockenheitstoleranz verbessert.



Quelle: A. Finck, Pflanzenernährung in Stichworten (1982; leicht verändert)

Erwiesene Einflüsse einer steigenden Nährstoffversorgung auf Resistenzen bzw. Toleranzfaktoren

Eine ausgewogene Versorgung der Pflanzen mit allen notwendigen Nährelementen ist die wirksamste Art der Pflanzenstärkung.

+ = verbesserte Resistenz bzw. Toleranz
- = reduzierte Resistenz bzw. Toleranz

Bei allen Nährstoffen wirkt sich eine starke Unter- oder Überversorgung negativ auf die Resistenzen bzw. Toleranzen aus.

	N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Mn	B	Zn	Cu	Mo
Umweltfaktoren												
Kälte	-	+	+					+				
Trockenheit	+		+									
Krankheiten												
Krankheiten (generell)			+			+					+	
Mehltau	-	+			+	+			+			
Schwächeparasiten	+	+			+	+			+			
Lagerkrankheiten					+							
Viruserkrankungen			+									
Insekten												
Blattläuse	-		+									
allgemein			+									
Herbizide (=Pflanzengifte)	(+)		+	+	+	+	+	+	+			

Der Stickstoffkreislauf und pflanzenverfügbarer Stickstoff

Damit Pflanzen Stickstoff aufnehmen können, muss er mineralisiert werden. Stickstoffreserven liegen im Boden in organisch gebundener Form vor. Dies im Gegensatz zu den mineralischen Reserve-Nährstoffformen. Ein hoher Anteil an Humus, also organischer Verbindungen, deutet deshalb meistens auch auf ein beträchtliches Potenzial an Reservestickstoff hin.

Pflanzen nehmen Stickstoff nur in mineralisierter Form in bedeutender Menge auf. Die Verfügbarkeit hängt deshalb von der Mineralisierungsleistung ab, also der biologischen Aktivität im Boden.

Eine wichtige Rolle im Stickstoffkreislauf spielen:

- Temperatur,
- Durchlüftung bei ausreichender Bodenfeuchtigkeit,
- Nährstoffangebot,
- Zusammensetzung der organischen Substanz.

Aufgrund dieser Mechanismen weicht im Freiland der Zeitpunkt, zu dem die Pflanzen viel Stickstoff benötigen, also im Frühjahr, häufig von demjenigen der hohen Mineralisierung ab. Diese ist vor allem im Sommer bis Herbst bei ausreichenden Bodentemperaturen gross.



Der Stickstoffkreislauf kurz erklärt

1. In der Luft liegt Stickstoff als sogenannter atmosphärischer Stickstoff (N_2) vor. Die Lufthülle besteht zu einem grossen Teil aus Stickstoff. Die Atmosphäre enthält 78 Vol.-%. Der grösste Teil davon ist für Pflanzen nicht nutzbar. Lediglich gewisse Bakterien können den Stickstoff aus der Luft assimilieren und so verwerten.

2. Stickstofffixierende Symbionten (Knöllchenbakterien) gehören zu den Mikroorganismen, welche elementaren Stickstoff nutzen können. Die Knöllchenbakterien leben symbiotisch mit den Leguminosen, die voneinander profitieren. So gelangt Stickstoff aus der Luft in die Pflanzenwelt. Die symbiontisch gewonnene Stickstoffmenge kann bei Leguminosen bis 150 kg N/ha betragen.

3. Stickstofffixierende Bodenbakterien sind frei im Boden lebende Bakterien, die den Stickstoff aus der Luft für den Aufbau ihrer Eiweisse verwenden. Durch sie gelangt jährlich etwa 2 – 5 kg N/ha in den Erdboden.

4. In organischen Düngern liegt der Stickstoff organisch gebunden vor. In dieser Form ist er für die Pflanzen nicht direkt nutzbar, sondern muss zuerst mineralisiert werden.

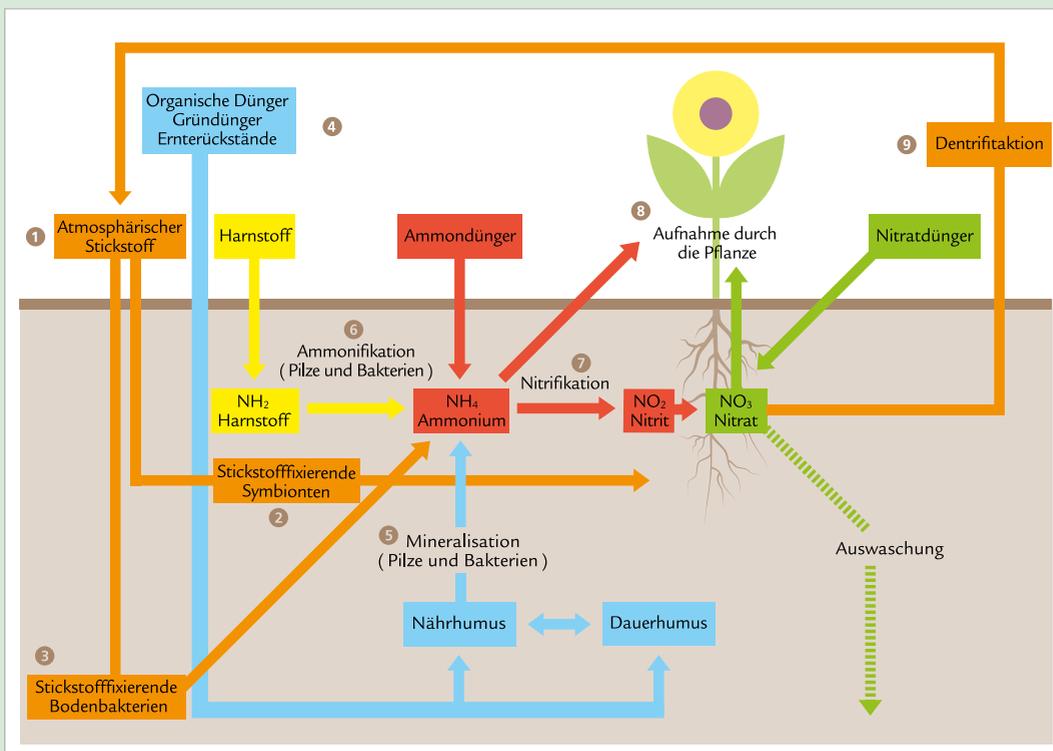
5. Bei der Mineralisation wird der organische Stickstoff abgebaut. An diesem Prozess sind sowohl Pilze als auch Bakterien beteiligt.

6. Aus verschiedenen stickstoffhaltigen Verbindungen wird Ammonium freigesetzt: die Ammonifikation. Oftmals handelt es sich um Proteine, da diese viel Stickstoff enthalten. Die Ammonifikation geschieht durch Bodenbakterien und Pilze.

7. Durch die Nitrifikation wird Ammonium zuerst zu Nitrit und danach zu Nitrat oxidiert. Beide Prozesse werden durch Mikroorganismen getätigt, die dadurch Energie gewinnen. Nitrit kann auf Pflanzen toxisch wirken. Es ist aber nur selten in hohen Mengen vorhanden. Nitrat wird leichter ausgewaschen als Ammonium, welches durch Tonteilchen recht gut zurückgehalten wird.

8. Pflanzen nehmen Ammonium und Nitrat in Ionenform auf.

9. Nitrat im Boden kann auch denitrifiziert werden. Bei der Denitrifikation wird Nitrat in elementaren Stickstoff und Stickoxide umgewandelt, die wieder in die Luft gelangen. Danach steht der Stickstoff der Pflanze nicht mehr zur Verfügung; der Stickstoffkreislauf schliesst sich.



Verfügbarkeit von Nährstoffen in natürlichen Böden und Kultursubstraten

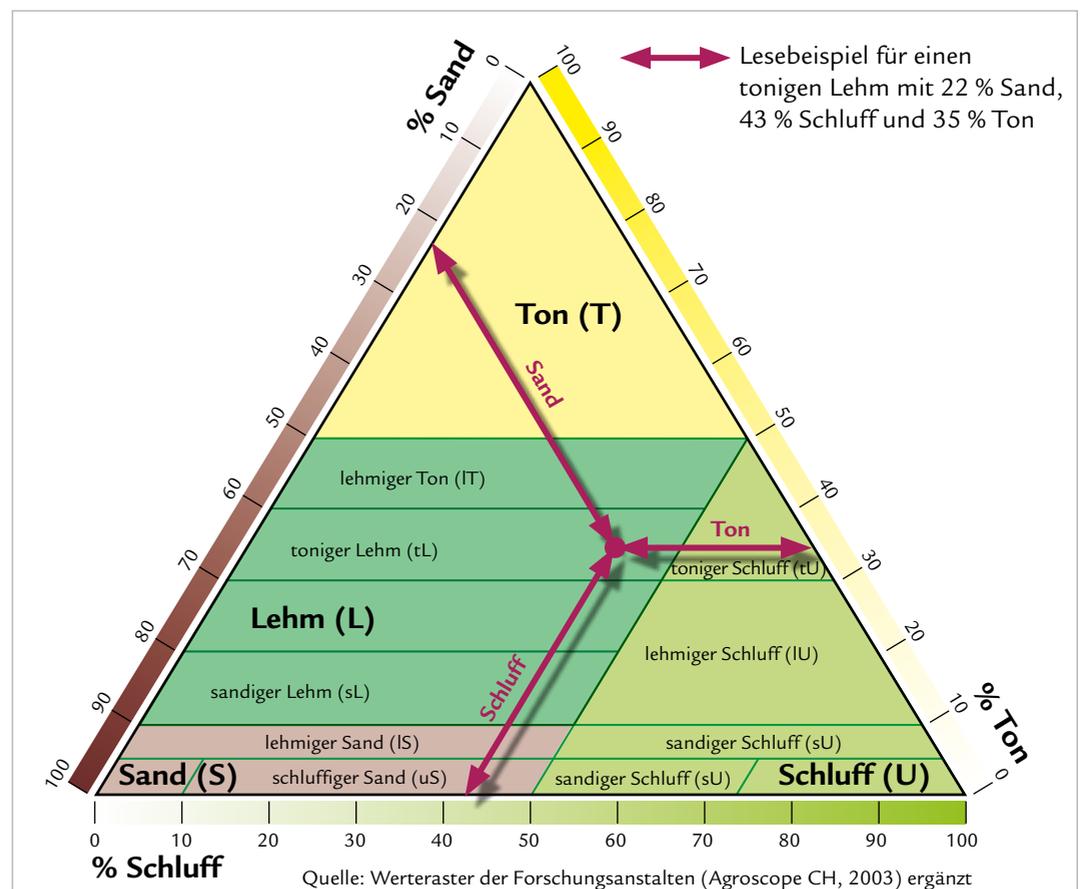
Pflanzen nehmen Nährstoffe, mit wenigen Ausnahmen, über die Wurzeln auf. Der Wurzelraum muss daher für die Pflanze günstige Verhältnisse aufweisen. Bei Böden ist die Einflussnahme auf Bodeneigenschaften nur beschränkt möglich. Wichtig ist hier, dass Kulturen gut an die Bodeneigenschaften angepasst sind. Auch ist bei Böden eine langfristig ausgerichtete Nutzung und eine schonende Bodenbearbeitung sehr wichtig.

Anders verhält es sich bei Kultursubstraten. Diese werden spezifisch für Kulturen hergestellt und entsprechend an die Bedürfnisse der Kultur, des Standortes und der Kulturführung angepasst.

Kornfraktionen und deren Eigenschaften

Bodenart	Abkürzung	Körnung (mm)	Nährstoff- und Wasserspeicherung
Sand	S	0,063 – 2	Schlechtes Speichervermögen für Nährstoffe und Wasser.
Schluff	U	0,002 – 0,063	Gutes Speichervermögen für pflanzenverfügbare Nährstoffe und pflanzenverfügbares Wasser. Neigt zur Fixierung gewisser Nährstoffe (Kali) und zur Verschlammung.
Ton	T	< 0,002	Bindet Nährstoffe und Wasser stark. Die Pflanzenverfügbarkeit kann eingeschränkt sein.
Lehm	L	Gemisch von Sand, Schluff und Ton mit etwa gleichen Anteilen	Bodenart mit dem besten Speichervermögen für pflanzenverfügbare Nährstoffe und pflanzenverfügbares Wasser.

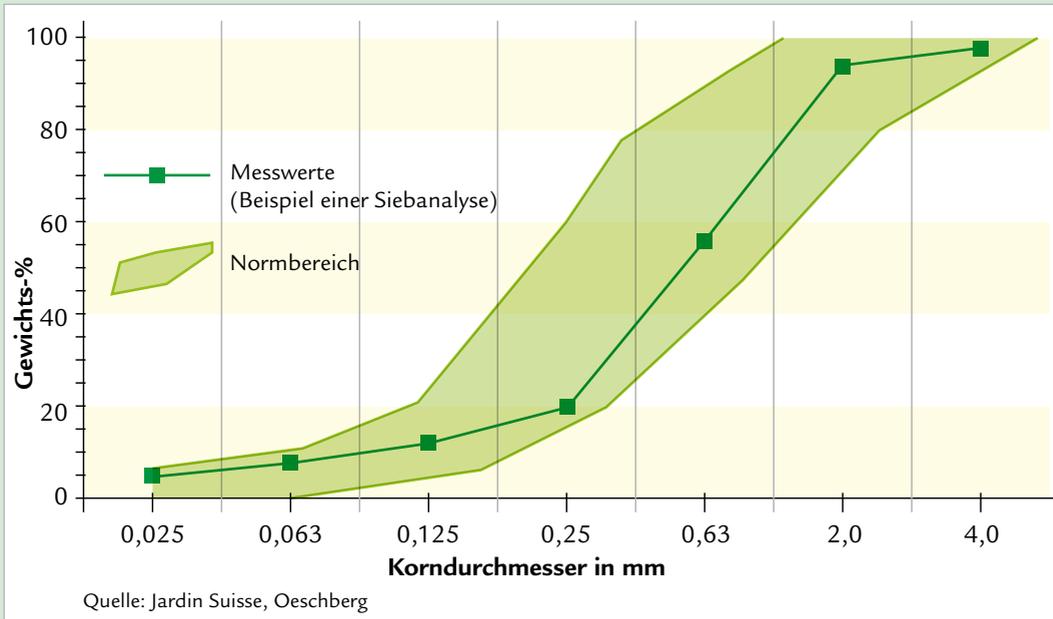
Dreiecksdiagramm zu Einstufung der Bodenart





Rasentragschicht (DIN-Aufbau)

Korndurchmesser gemäss Siebanalyse



Von grosser Bedeutung ist die Korngrössenverteilung bei Rasentragschichten, die eingebaut werden. Diese müssen eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit gewährleisten. Gleichzeitig sind aber auch die Wasserkapazität und die Scherfestigkeit wichtige Kriterien.

DIN-Norm für Rasentragschichten (DIN 18035)

- Korndurchmesser gemäss nachfolgender Summenkurve
- abschlämmbare Anteil (< 0,063 mm): unter 8%
- organische Substanz: unter 4%

Humus

Humus umfasst zwei Stoffgruppen, einerseits die organische Substanz im Boden, die während des Abbaus toter tierischer und pflanzlicher Organismen als abgestorbenes Material im Boden vorliegt und andererseits Huminstoffe, die aus organischen Abbauprodukten allmählich aufgebaut werden und dem Boden die dunkle Farbe geben.

Humus ist wichtig für:

- Krümelstruktur,
- stabiles Porenvolumen bei tonigen Böden und daher gute Durchlässigkeit für Gas und Wasser,
- Schaffung günstiger Verhältnisse für Mikroorganismen, die die Bodenfruchtbarkeit positiv beeinflussen.
- Im Humus ist langsam verfügbarer Stickstoff und Phosphor gespeichert.

Trotzdem gilt auch hier nicht das Motto „Je-mehr-desto-besser“, denn Humus verbessert die Bodeneigenschaften erst im Verbund mit Tonmineralien. Daher gibt es einen optimalen Humusgehalt in Abhängigkeit vom Tongehalt beziehungsweise der Korngrössenverteilung des Bodens.

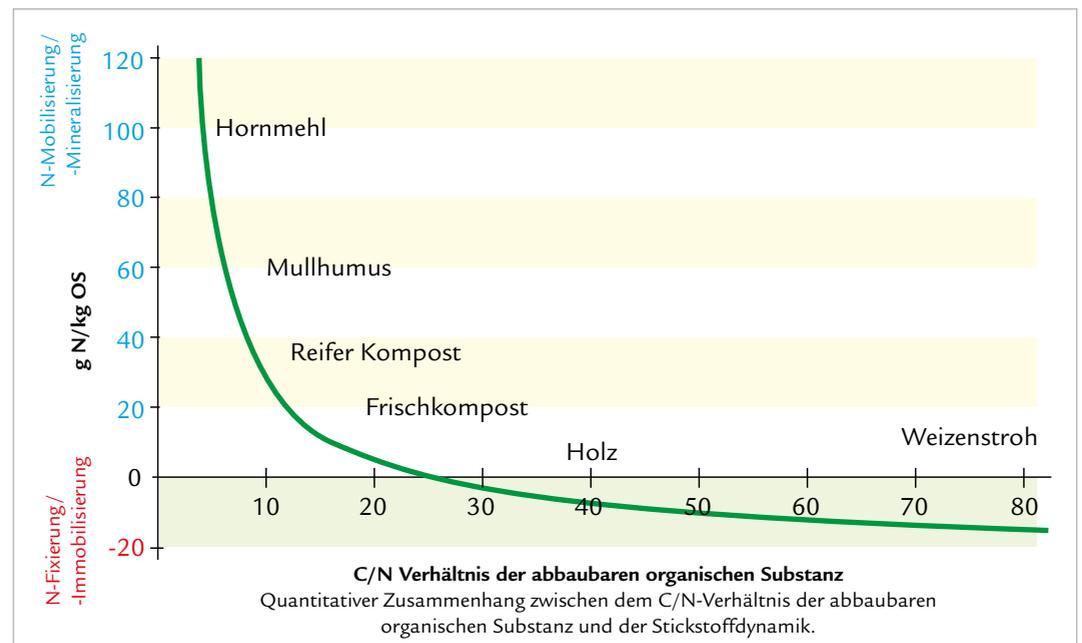
Für Kulturböden können folgende Werte als Normalversorgung beziehungsweise anzustrebende Gehalte angegeben werden:

Tongehalt (%)	Bodenart	optimaler Humusgehalt (%)
< 15	lehmiger Sand bis toniger Schluff	2–5
15–30	toniger Sand bis schluffiger Lehm	3–6
> 30	sandiger Ton bis Ton	4–8

Stickstoffdynamik im Boden: Mineralisierung und Fixierung

Stickstoff kann aus organischer Substanz mit einem C/N-Verhältnis (Kohlenstoff/Stickstoff) unter 25 mineralisiert und an die Bodenlösung abgegeben werden. Unter normalen Bedingungen (d. h. Boden gut durchlüftet, nicht vernässt) wird die organische Substanz zu Nitrat mineralisiert. Bei einem C/N-Verhältnis von über 25 wird zunehmend Stickstoff für den Aufbau von mikrobiologischen Verbindungen verwendet, also in organische Substanz eingebaut (z. B. Eiweiße). Es kommt also zum Entzug von mineralischem Stickstoff aus der Bodenlösung (Stickstofffixierung).

C/N-Verhältnis und Stickstoffmobilisierung



Hornspäne, Kompost, Rindenmulch, Stroh; je nach organischer Substanz wird bei deren Abbau Stickstoff mineralisiert bzw. fixiert.

Die Bodenreaktion

Das Maß für die Bodenreaktion ist der pH-Wert. Je mehr Wasserstoffionen (H^+) in der Bodenlösung vorhanden sind, desto tiefer ist der pH-Wert und desto saurer ist der Boden. Unter Berücksichtigung des pH-Anspruchs einer Kultur kann dann die Eignung beurteilt werden und, wenn angebracht, eine Kalkung vorgenommen werden (siehe Kapitel 12).

Besonders kritisch sind sehr tiefe pH-Werte (stark saures Milieu). Dadurch zerfallen die Tonminerale im Boden und toxische Konzentrationen von Aluminium werden freigesetzt. Andererseits ist auf sehr basischen Böden die Bor-, Eisen- und Manganaufnahme durch die Pflanzen erschwert.

Einstufung der Böden nach ihrer pH-Reaktion

pH (H_2O)	Bewertung	Kalkbedürftigkeit ¹⁾
unter 5,3	stark sauer	Kalkung erforderlich
5,3 – 5,8	sauer	Kalkung erforderlich
5,9 – 6,7	schwach sauer	kalkhaltige Dünger einsetzen
6,8 – 7,2	neutral	keine Kalkung
7,3 – 7,6	schwach alkalisch	keine Kalkung
über 7,6	alkalisch	keine Kalkung

¹⁾ Die Empfehlung ist stark vereinfacht. Für eine genauere Empfehlung sind zusätzlich die folgenden Parameter zu berücksichtigen:

- Ton- und Humusgehalt des Bodens
- Bodenbewirtschaftung (Gemüse- und Ackerbau bzw. Grünland oder Rasen)

Böden mit tiefem pH-Wert weisen oft eine schlechte und Böden mit eher höherem pH-Wert eine gute Bodenstruktur (Krümelung und Krümelstabilität) auf. Der Grund ist, dass in Böden mit einem hohen pH-Wert in der Regel auch die Kalkversorgung gut ist. Das im Kalk enthaltene Calcium stabilisiert die Krümelstruktur und wirkt somit positiv auf das Bodengefüge.

Die Mehrheit der Feldfrüchte bevorzugt einen neutralen oder leicht sauren Boden, da die Löslichkeit der meisten Nährstoffe für gesundes Wachstum der Pflanzen bei pH-Werten zwischen 6,3 und 6,8 am höchsten ist. Einige Pflanzen bevorzugen jedoch saurere (z. B. Kartoffeln, Erdbeeren, alle Moorbeetpflanzen, wie Hortensien und Rhododendren) oder alkalischere (z. B. Kohl) Verhältnisse.

Bei hohem oder niedrigem pH-Wert sind die Nährstoffe im Boden festgelegt und stehen den Pflanzen nur unzureichend zur Verfügung. Bei einem niedrigen pH-Wert werden Aluminium- oder Manganionen löslich und für Pflanzen in schädigenden Mengen zugänglich.

Folgende pH-Werte werden für die meisten Freilandkulturen empfohlen:

pH-Wert in 0,01 M $CaCl_2$ (nach Schachtschabel)	pH-Wert in Wasser (allgemeine Messmethode)	Kulturgruppen
5,0 bis 5,5	5,5 bis 6,0	säureliebende Arten
5,4 bis 6,0	5,9 bis 6,5	Gemüse (meisten), Gehölze, z. B. Weihnachtsbäume, Rosen, Obst
6,0 bis 6,5	6,5 bis 7,0	Sommerblumen, Kräuter (meisten), Buchs, Feldahorn, Rasen, Kohllarten

Für Rhododendren, Heidelbeeren, Eriken, Hortensien und andere säureliebenden Pflanzen sollte der Wert sehr niedrig (4,5 – 5,0) gehalten werden.

Kulturen wie Calluna, Erica, Surfinia, säureliebende Enziane und blaue Hortensien, aber auch verschiedene Zitrusfrüchte oder Kulturheidelbeeren reagieren mit Chlorosen, wenn der pH-Wert nicht ausreichend tief ist. Häufige Ursache ist die eingeschränkte Verfügbarkeit und Mobilität von Eisen und anderer Spurenelemente.

Bei den blauen Hortensien führen höhere pH-Werte zudem zu einer unbefriedigenden Blaufärbung.

pH-Pufferung des Bodens

Böden und Substrate verfügen gegenüber pH-Änderungen eine mehr oder weniger starke Pufferfähigkeit. Diese Widerstandsfähigkeit gegen pH-Schwankungen ist deshalb von Bedeutung, weil Pflanzen und Bodenorganismen auf plötzliche Änderungen des Säuregrades sehr empfindlich reagieren. Ursache für pH-Änderungen können z. B. die biologische Aktivität im Boden sein oder die Düngung.

Die **Pufferung** bezeichnet die Widerstandsfähigkeit gegen pH-Wert-Änderungen bei Zufuhr von H^+ -Ionen¹⁾ oder OH^- -Ionen. Einer pH-Senkung (= Erhöhung der H^+ -Ionenkonzentration in der Bodenlösung) wirkt das System entgegen, indem es H^+ -Ionen absorbiert und so der Bodenlösung entzieht.

Umgekehrt wirkt das System einer **pH-Erhöhung** entgegen. Im Umtausch mit Kationen werden H^+ -Ionen freigesetzt. Die zugeführten alkalisch wirkenden OH^- -Ionen und die freigesetzten H^+ -Ionen (sauer wirkend) „reagieren“ dann zu Wasser (H_2O), das den pH-Wert nicht beeinflusst.

Ist die Pufferkapazität jedoch erschöpft, ändert sich der pH-Wert bei weiterer Zufuhr von H^+ - bzw. OH^- -Ionen stark.

Daraus lässt sich auch erkennen, dass ein Boden mit hoher Austauschkapazität zur Anhebung des pH-Wertes viel grössere Kalkmengen (höhere Menge sorbierter H^+ -Ionen) enthält als ein sorptionsschwacher Sandboden.

¹⁾ *Das H^+ lagert sich in wässrigem Medium an ein Wassermolekül an und bildet das sogenannte Hydronium-Ion (H_3O^+). Der besseren Übersicht halber verwenden wir hier die einfachere, aber gleich bedeutende Schreibweise mit H^+ .*



pH-Pufferung

Drei Puffersysteme

Im Boden unterscheidet man im Wesentlichen drei Puffersysteme, die relativ rasch auf pH-Änderungen reagieren können.

■ **Karbonat:** Diese Pufferung geht von Karbonaten aus, in erster Linie natürlich von Kalk. Letzterer ist der bevorzugte Puffer für Substrate im pH-Bereich von 6–7,5. In diesem Bereich vermag Kalk und das sich bildende Hydrogencarbonat wirksam H^+ -Ionen abzufangen. Die Bewässerung **mit hartem Wasser** erhöht die Pufferkapazität und kann sogar den pH-Wert anheben. Umgekehrt kann das Giessen **mit weichem Wasser** (z. B. Regenwasser) zu Auswaschungen von gelöstem Calcium führen, was eine erhebliche pH-Senkung nach sich ziehen kann, wenn die Pufferung vorwiegend auf Carbonat basiert.

■ **Organische Substanz:** Organische Verbindungen, speziell Humate, vermögen H^+ -Ionen zu absorbieren oder gegen angelagerte Ionen wie Ca^{++} und K^+ auszutauschen. Diese Pufferung wirkt vor allem im pH-Bereich über 5. In humosen Böden und Torf-Kompost-Substraten ist es das tragende Puffersystem.

■ Kationenumtausch an Schichtsilikaten

(Ton): An der negativ geladenen Oberfläche von Tonteilchen (< 0,002 mm) sind normalerweise Kationen wie Ca^{++} , K^+ , Mg^{++} usw. angelagert. Steigt die Konzentration von H^+ -Ionen (der pH in der Bodenlösung würde sinken) verdrängt das H^+ -Ion Kationen am Tonteilchen und lagert sich am Ton an. Da die abgelösten Kationen der Auswaschung unterliegen, muss mittels Kalkung und Düngung dafür gesorgt werden, dass die Kationen wieder ergänzt werden (siehe Tabelle „Einstufung der Böden nach ihrer pH-Reaktion“, Seite 19). Dem Umtauscher-Puffer kann ein pH-Bereich von 5–4,2 zugeordnet werden. Sinkt der pH-Wert eines solchen Systems aber unter einen pH-Wert von 4,5, besteht die Gefahr einer pflanzentoxischen Freisetzung von Aluminium. Der Umtausch-Puffer ist das dominierende Puffersystem in kalk- und humusarmen Böden.

Kationenumtausch

Die **potentielle Kationenumtausch-Kapazität** (Abk.: T-Wert, KUK, KAK, AK_{pot}) ist ein Mass für die Gesamtheit der austauschbaren basischen Kationen. Bestimmt wird die Anzahl der



Messungen wie pH-Wert und EC-Wert können mit einfachen Geräten vorgenommen werden. Es empfiehlt sich für jeden Produktionsbetrieb ein solches Gerät zum Überprüfen der Kulturen zur Hand zu haben.

Bindungsplätze negativer Ladung am Kationenaustauscher im Boden. Sie hängt von der Bodenart (Tonanteil), den Ausgangsmineralien sowie von der inneren Oberfläche (effektive Wirkoberfläche) ab. Die KUK stellt einen wichtigen Kennwert des Bodens dar und hat auch bei Substraten eine gewisse Bedeutung.

Die **aktuelle Kationenbesetzung** (Abk.: S-Wert) gibt die Menge austauschbarer Alkali (K^+ , Na^+) und Erdalkali (Mg^{++} , Ca^{++})-Ionen am Austauscher an (Kationenbelag). Daraus wird die Anzahl der effektiv mit Kationen besetzten Plätze berechnet.

Der **Basensättigungsgrad** (Abk.: V-Wert, BS-Wert) gibt den **Prozentanteil** der mit den Kationen K^+ , Na^+ , Mg^{++} und Ca^{++} belegten Plätze an der Gesamtaustauschkapazität. Calcium, Magnesium und Kalium sind wichtige Pflanzennährstoffe, daher lässt eine Angabe über die Basensättigung einen Rückschluss auf die Bodenfruchtbarkeit zu. In Mineralböden sind Basensättigungen von über 80 % möglich.

Auswaschungsgefahr für Anionen

Wichtige Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor und Schwefel liegen im Boden in gelösten oder leicht löslichen einfachen Verbindungen, den Anionen, vor. Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Austauschmechanismen für Kationen besteht im Boden für Anionen kein solches Austauschsystem. Im Boden bilden sie allenfalls gewisse Verbindungen mit Kationen. Dem Phosphor gelingt das mit Calcium gut, wenn solches vorhanden ist. Über einem pH-Wert von circa 5,5 nimmt die Wasserlöslichkeit von Calciumphosphatverbindungen im Boden mit steigendem pH-Wert ab. Phosphor ist so vor Auswaschung weitgehend geschützt. Nitrat (NO_3^-) und Sulfat (SO_4^{--}) können nicht auf diese Weise ausreichend gebunden werden, sie werden im Boden kaum zurückgehalten und daher leicht ausgewaschen (Nitrat im Grundwasser). Gleichzeitig mit Nitrat und Sulfat wird auch eine äquivalente Menge Kationen (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+) mittransportiert und ausgewaschen. Stickstoff und Schwefel sollten daher nur während der Vegetationszeit gedüngt werden.

Salzgehalt

Die leicht verfügbaren Pflanzennährstoffe sind in der Bodenlösung gelöste Salze (Anionen und Kationen). Als Elektrolyte leiten sie den Strom in wässrigen Lösungen. Je höher die Konzentration der gelösten Salze ist, desto höher ist die Leitfähigkeit. Die Bestimmung der **Leitfähigkeit** lässt deshalb eine erste Einschätzung der Nährstoffversorgung im Boden zu. Die Salztoleranz der einzelnen Pflanzen ist jedoch sehr unterschiedlich.

Einige Grundsätze der Salztoleranz

- Sämlinge und Stecklinge sind salzempfindlicher als ältere Pflanzen.
- In Substraten liegen die Normbereiche wegen des geringen Volumengewichtes höher als in gewachsenen Böden.

Salzverträglichkeit	Sehr hoch (wenig empfindlich)	hoch	mittel	gering (empfindlich)
Zierpflanzen	Chrysanthemum indicum Pelargonium peltatum Pelargonium zonale Hydrangea macrophylla	Ageratum houstonianum Alamanda cathartica Begonia-Elatior-Hybr. Begonia-Lorraine-Hybr. Bougainvillea glabra Cissus antarctica Clerodendron Codiaeum variegatum Sinningia-Hybriden Crossandra Cyclamen Dieffenbachia Euphorbia pulcherrima Ficus-Arten Fuchsia-Arten Hedera-Arten Hibiscus rosa sinensis Kalanchoe-Hybriden	Achimenes longiflora Asparagus plumosus Begonia-Rex-Hybriden Calceolaria-Hybriden Campanula isophylla Gardenia jasminoides Marantha-Arten Nephrolepis exaltata Primula malacoides Primula vulgaris Rhododendron simsii Salvia splendens Streptocarpus-Hybriden Vriesea splendens	Anzucht Adiantum-Arten Erica gracilis Farne beinahe alle Orchideen
Gemüse	Kohlarten Gurken Sellerie Tomaten	Spinat Schwarzwurzeln Radieschen Kohlrabi Kartoffeln Paprika Melonen	Zwiebeln Möhren (Karotte) Rote Beete (Rande) Fenchel Salate	Bohnen Erbsen
EC-Wert in Substraten (mS/cm im 1:1.5 Vol. Extr.)	1,8 – 2,4	1,2 – 1,8	0,6 – 1,2	0,4 – 0,6
Salzgehalt (g KCl/l Substrat)	2,0 – 2,7	1,3 – 2,0	0,7 – 1,3	0,45 – 0,7
EC-Wert in Böden im Gewächshaus (mS/cm im 1:2 Vol. Extr.)	0,6 – 0,9	0,3 – 0,6	0,2 – 0,4	0,1 – 0,3
Salzgehalt (g KCl/l Boden)	0,7 – 1,0	0,35 – 0,7	0,25 – 0,45	0,15 – 0,35

Kultursubstrate

Kompostreiche Substrate und Komposterden haben ein gutes Nährstoff- und Wasserhaltevermögen. Für salzempfindliche Kulturen und für Ansaaten eignen sie sich jedoch nur bedingt. Denn sie weisen häufig einen hohen pH-Wert und hohe Phosphat- und Kaligehalte auf. Bei ungenügendem Verrottungsgrad kann ausserdem die Stickstofffixierung zu Wachstumsdepressionen führen.

Torfreiche Substrate können Nährstoffe nur bedingt speichern. Eine Aufdüngung mit Langzeitdüngern ist deshalb sinnvoll. Das Speichervermögen für Nährstoffe kann durch Tonzusatz (tonige Landerde, Bentonit) verbessert werden.

Aussaaterden bestehen hauptsächlich aus Torf und Sand mit niedrigem Nährstoff- beziehungsweise Salzgehalt, denn Keimlinge sind sehr salzempfindlich.

Aufdüngung von Substraten

Die Grunddüngung ergänzt die in den Substrat-Rohstoffen enthaltenen Nährstoffe für den Anfangsbedarf der Kulturen. Substrate mit Grunddüngung werden vorwiegend bei Kulturen eingesetzt, welche flüssig gedüngt werden (mit Nährsalzen oder mit Flüssigdüngern).

Bei der **Teilbevorratung** wird dem Substrat für die erste Kulturphase ein Langzeitdünger beigemischt. In der zweiten Kulturphase wird mit Aufstreu düngern oder flüssig nachgedüngt.

Bei der **Vollbevorratung** wird ein Langzeitdünger für die ganze Kulturdauer beigemischt. Sowohl bei der Teil- wie auch bei der Vollbevorratung kann der Langzeitdünger auch beim Pflanzvorgang durch Punktdüngung zudosiert werden.

Kriterium	Teilbevorratung	Vollbevorratung
Arbeitsaufwand der Düngung	Nachdüngung notwendig	Keine Düngung nach der Pflanzung
Optimale Steuerung der Düngung	Bei der Nachdüngung kann die Menge dem Kulturzustand angepasst werden.	Bei zu starkem Wachstum keine Möglichkeit einzugreifen.



Achtung:

Sofern dem Substrat im Werk bereits ein vollwasserlöslicher Dünger (Typ „PG Mix“) zugegeben wurde, ist dies bei der Festlegung der Langzeitdüngermenge zu berücksichtigen, damit der Salzgehalt des Substrates nicht zu stark ansteigt.



Cyclamen persicum, verkaufsfertige Ware im Produktionsbetrieb.

Optimale Analysewerte von Kultursubstraten

Analyse	Optimalbereich für		
	nährstoffempfindliche Kulturen (Aussaaten)	Kulturen mit mittlerem Nährstoffbedarf	nährstoffbedürftige Kulturen
Wasserlösliche Nährstoffe aus Wasserextraktion (g/m ³)			
N (NO ₃ -N + NH ₄ -N)	40 – 80	80 – 170	170 – 280
P ₂ O ₅	15 – 30	30 – 60	60 – 110
K ₂ O	95 – 190	190 – 280	280 – 380
Mg	10 – 25	25 – 50	50 – 70
Ca	40 – 120	120 – 200	200 – 320
Nährstoffreserven aus Ammoniumacetat-EDTA-Extrakt (g/m ³)			
P ₂ O ₅	45 – 85	85 – 170	170 – 340
K ₂ O	120 – 230	230 – 470	470 – 940
Mg	30 – 60	60 – 120	120 – 250
Ca	240 – 480	480 – 960	960 – 1900
Fe *)	5 – 10	10 – 55	55 – 110
Mn *)	2 – 10	10 – 25	25 – 55
Cu *)	1 – 3	3 – 5	5 – 15
Zn *)	1 – 2	2 – 10	10 – 25
B *)	0,1 – 0,2	0,2 – 0,5	0,5 – 1
Salzgehalt			
mS/cm	0,4 – 0,6	0,6 – 1,2	1,2 – 1,8
pH-Wert (Wasser)	tief	günstig	hoch
	5,5 – 6,5	6,5 – 7,5	7,5 – 8,0

*) Damit die Versorgung sichergestellt ist, sollten diese Werte in leichten Substraten erreicht werden. In Komposten und Mischungen von Komposten mit Substraten liegen häufig höhere Werte vor. Diese sind jedoch meistens pflanzenverträglich.

Erhaltungsniveau in der Nährstoffversorgung

Um eine ausreichende Versorgung der Kultur zu gewährleisten, dürfen die folgenden Nährstoffmengen im Substrat während der gesamten Kulturzeit nicht unterschritten werden (nötigenfalls ist nachzudüngen).

Analyse	Mindest-Analysewerte von Substraten (Erhaltungsniveau)		
	nährstoffempfindliche Kulturen (Aussaaten)	Kulturen mit mittlerem Nährstoffbedarf	nährstoffbedürftige Kulturen
Wasserlösliche Nährstoffe aus Wasserextraktion (g/m ³)			
N	60	120	220
P ₂ O ₅ *)	25	40	90
K ₂ O	100	220	330
Mg	15	30	60
EC-Kontrollwert (1:1,5-Vol.-Extrakt)			
mS/cm	0,5	1	1,5

*) Die Wasserlöslichkeit von Phosphor ist stark pH-abhängig. Wird bei pH-Werten von über 6,5 die wasserlösliche P-Menge nicht erreicht, sind die P-Reserven für die Beurteilung mit einzubeziehen.

Eigenschaften häufig verwendeter Substratzuschlagstoffe

Produktionstechnische Eigenschaften								Ökologische Eigenschaften	Bemerkungen
pH	Nährstoffgehalt	Salzgehalt	N-Festlegung	Wasserhaltevermögen	Luftporenanteil	Strukturstabilität	erneuerbarer Rohstoff		
Organische Produkte									
Torf	niedrig	●○○	●●●	●●●	●●●	●●○	●●○	nein/bedingt	aus nachhaltiger Torfwirtschaft
Grüngutkompost	hoch	●●●	○○○ ¹⁾	●○○ ¹⁾	●○○	●○○	○○○	ja	kann Krankheiten unterdrücken
Holzfasern	niedrig bis neutral	○○○	●○○	●○○ ²⁾	●○○	●●○	●○○	ja	
Rindenhumus	neutral, gute Pufferung	●●○	●●○	●○○ ²⁾	●●○	●●○	●○○	ja	gute Austauschkapazität
Kokosfasern	niedrig bis neutral	●○○	●●○ ³⁾	●●○	●●○	●●○	●●○	ja	Herkünfte mit tiefem Salzgehalt verwenden
Reispelzen	neutral	○○○	●●○	●●○	○○○	●●○	●●○	ja	
Hanf Fasern (ohne Schäben)	neutral	○○○	●●○	●○○ ²⁾	●○○	●○○	●●○	ja	sehr stabile Fasern, nur mit Spezialgerät verarbeiten
Mineralische Produkte									
Lavasplit	neutral	○○○	●●●	●●●	○○○	●●●	●●●	nein	
Ton	neutral	●○○	●●○	●●●	○○○	○○○	○○○	nein	verbessert die Wiederbenetzbarkeit, erhöht das Nährstoffspeichervermögen
Perlit, Vermiculit	neutral	○○○	●●●	●●●	●○○	●●●	●●● ●○○	nein	erinnert an Styropor, energieaufwändige Herstellung
Landerde	+/- neutral	●○○	●●○	●●●	●○○	○○○	●○○	nein	schwer, mit Unkrautsamen versetzt

1) Je nach Kompostqualität und -reife kann der Salzgehalt variieren (schlecht > 4 g pro l, gut 2,5 g pro l).
 2) Vorherige Kompostierung resp. Fermentierung mit einer N-Quelle notwendig, um Festlegung von Stickstoff zu vermeiden.
 3) Kokosnüsse, die im Meerwasser aufgeweicht worden sind, haben einen hohen Salzgehalt.

○○○ tief, bzw. nicht ideal ●●● hoch, bzw. ideal

(Quelle: Substrate im Ökolandbau: FiBL/IGZ/Uni Kassel 2005)

Anforderungen und Empfehlungen zu verschiedenen Substrattypen



Aussaaten und Bewurzelung

- Sehr tiefer Salzgehalt (v.a. Chlorid) und neutraler pH-Wert
- Vorsicht mit Kompost: Maximal 20 % Qualitätskompost verwenden
- Keine oder nur sehr geringe Aufdüngung
- Mögliches Mischungsverhältnis: 70 – 80 % mittelzersetzer Weisstorf, 20 – 30 % Perlit und Ton
- Die Zumischung von Perlit kann die Luftführung des Substrates verbessern



Presstopferde für Gemüsejungpflanzen (Substratwürfel von 3 bis 12 cm Kantenlänge)

- 70 – 80 % Torf. Ein hoher Anteil stark zersetzter Schwarztorf verbessert die Pressfähigkeit
- Ein Kompostanteil von 20 – 30 % reicht für die Versorgung mit Phosphor und Kali in der Regel aus
- Mittlere Aufdüngung (250 – 350 mg N pro l Substrat)
- Mögliches Mischungsverhältnis: 70 – 80 % Schwarztorf, 20 – 30 % Grüngutkompost



Traytopferde für Gemüsejungpflanzen (Zellplatten mit 15 bis 25 ml Erdvolumen)

- 70 – 80 % Torf, mit Weiss- und Schwarztorf für eine gute Struktur
- Mittlere Aufdüngung erforderlich: 250 – 350 mg N pro l Substrat. Kulturen mit längerer Standzeit benötigen zusätzlichen Stickstoff und in der Regel auch Phosphor
- Mögliches Mischungsverhältnis: 30 – 40 % Schwarz- und Weisstorf und Grüngutkompost
- Für eine gute Befüllung der Platten die Mischung fein sieben



Topferde für Kräuter (für Töpfe von 9 bis 14 cm Durchmesser)

- 50 – 80 % Torf, vor allem mit Weisstorf für eine gute Struktur
- Nur mittelstarke Aufdüngung (300 mg N pro l Substrat), um einen hohen Salzgehalt zu vermeiden und dadurch einen gleichmässigen Saatgutaufgang bei Direktsaat zu gewährleisten.
- Die Beimischung von mineralischen Komponenten wie Lavastein verbessert die Struktur und die Wasserführung (ideal für trockenheitsliebende Arten wie Thymian)
- Mögliches Mischungsverhältnis: 30 – Weisstorf, 30 % Grüngutkompost und 20 – 30 % Kokosfasern, Kokosstaub oder Hanffasern



Topferde für Zierpflanzen und Stauden (für Töpfe mit über 9 cm Durchmesser)

- 0 – 50 % Torf (je nach Verband)
- Als Zuschlagstoffe werden mit Erfolg verwendet: bis 40 % Kompost, Holzhäcksel, Rindenumus, Kokosfasern und Kokosstaub
- Mittlere bis hohe Aufdüngung (bis 800 mg N pro l Substrat), je nach Pflanzart
- Mögliches Mischungsverhältnis: 30 – 60 % Weisstorf, 30 % Grüngutkompost und 20 – 40 % Kokosfasern, Kokosstaub, Hanffasern, Lava oder Ähnliches

Spezialsubstrate

- **Substrate für Moorbeetpflanzen:** Für einen tiefen pH-Wert sind ein hoher Torfanteil und die Zugabe von elementarem Schwefel nötig (insbesondere, wenn ein Anteil Kompost im Substrat vorgeschrieben wird). Blaubeeren können bei periodischer Zufuhr von Schwefel und Zugabe von flüssigem, organischem Stickstoffdünger mit Erfolg in reinem Fichtensägemehl angezogen werden
- **Substrate für Sukkulenten:** Für tiefen Salz- und Nährstoffgehalt einen hohen Anteil mineralischer Komponenten (z. B. Lavastein) verwenden

Erdlose Substrate (Hors-sol)

Die erdlosen Substrate haben für die Wurzeln eine reine Stützfunktion. Sie dürfen deshalb keine schnell abbaubaren organischen Bestandteile enthalten.

Mineralische Substrate (Steinwolle) haben eine reine Stützfunktion für die Wurzeln. Nährstoffe und Wasser werden kaum gespeichert.

Organische Substrate (Kokosfasern usw.) speichern gewisse Nährstoffmengen, was die Kulturführung allerdings eher erschwert. Durch die gegenüber Steinwolle bessere Wasserspeicherung wirkt sich ein kurzfristiger Ausstieg des Bewässerungssystems jedoch weniger katastrophal aus.

Hydrokultursubstrate

Das Substrat ist mineralisch und besteht aus Blähton oder aus Vulkangesteins-Splittern.

Wichtige Eigenschaften:

- darf pH-Wert nicht wesentlich beeinflussen,
- keine Nährstoffspeicherung (kontinuierliche Nährstoffversorgung durch Fertigation), Zeolith oder Tonminerale sind nicht geeignet,
- kalkfrei,
- gut benetzbar (gutes Wasserrückhaltevermögen) und gute Kapillarität.



Blähton



Vulkangesteins-Splitter



Bei der Düngung gilt es zu beachten, dass das Substrat keine oder nur eine beschränkte Pufferwirkung gegen pH-Schwankungen aufweist. Dies bedeutet, dass dem Verhältnis der beiden Stickstoffformen Ammonium und Nitrat im Dünger Beachtung geschenkt werden muss. Bei der Verwendung von hartem Wasser kann die Hälfte des Stickstoffs mit Ammonium zugeführt werden. Je niedriger die Wasserhärte ist, desto tiefer muss aber der Ammoniumanteil sein. Harnstoff sollte nicht verwendet werden, weil er zu unkontrollierten pH-Schwankungen führen kann.

pH-Werte < 5 sollten vermieden werden, denn bei tiefen pH-Werten kann sich Nitrit anreichern. Auch können die Substratkomponenten Aluminium abgeben. Beides wirkt für Pflanzen ab relativ geringen Konzentrationen toxisch.

Die Bedeutung des Wassers für die Pflanze

Wasser wird von den Pflanzen für drei verschiedene Zwecke benötigt:

- Die im Wasser enthaltenen Elemente Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O) sind wichtige Bausteine für die Bildung von organischer Substanz.
- Die Pflanzen enthalten viel mehr Wasser als organische Substanz. Wasser ist verantwortlich für den Zelldruck, den sogenannten Turgor (Ausnahme: verholzte Pflanzen).
- Transport von Nährstoffen und Abkühlung (Transpiration).

Die Pflanze nimmt im Verlaufe der Vegetation viel mehr Wasser auf, als sie zu ihrem Aufbau benötigt. Das überschüssige Wasser wird durch die Blätter verdunstet (Transpiration). Von der gesamten während einer Vegetation aufgenommenen Wassermenge verbleiben im Ernteprodukt nur rund 1–2%. Beim Brutto-Wasserverbrauch (Evapo-Transpiration) ist auch die Verdunstung auf der Bodenoberfläche (Evaporation) von grosser Bedeutung.

Für die Produktion von 1 kg Trockensubstanz benötigen Pflanzen im Freiland rund 400–800 Liter Wasser. Im Unterglasanbau liegt der effektive Wasserverbrauch bei Bodenkulturen wegen den fehlenden Niederschlägen und der stärkeren Verdunstung 2–3 Mal höher.

Durch die Wahl der Bewässerungs- bzw. Kultursysteme hat man die Möglichkeit, Wasser zu sparen, so mit Tropfbewässerung, Hors-sol-Anbau oder geschlossenen Systemen. Dadurch kann der Verbrauch sogar im Unterglasanbau auf 150–350 l pro 1 kg Trockensubstanz reduziert werden.

Das **Wasserspeichervermögen** eines Bodens hängt stark von der Bodenart ab. Lehm- und Schluffböden können die grössten Mengen pflanzenverfügbaren Wassers speichern (Wassermenge eines gesättigten Bodens, nachdem das Wasser der Grobporen bereits in den Untergrund versickert ist).

Wird die Bodenschicht von 30 cm vor dem Erreichen des permanenten Welkepunkts bewässert (Zuwarten bis zu diesem Punkt würde bereits zu Pflanzenschädigung führen), ergeben sich in Abhängigkeit der Bodenart die folgenden Richtwerte:

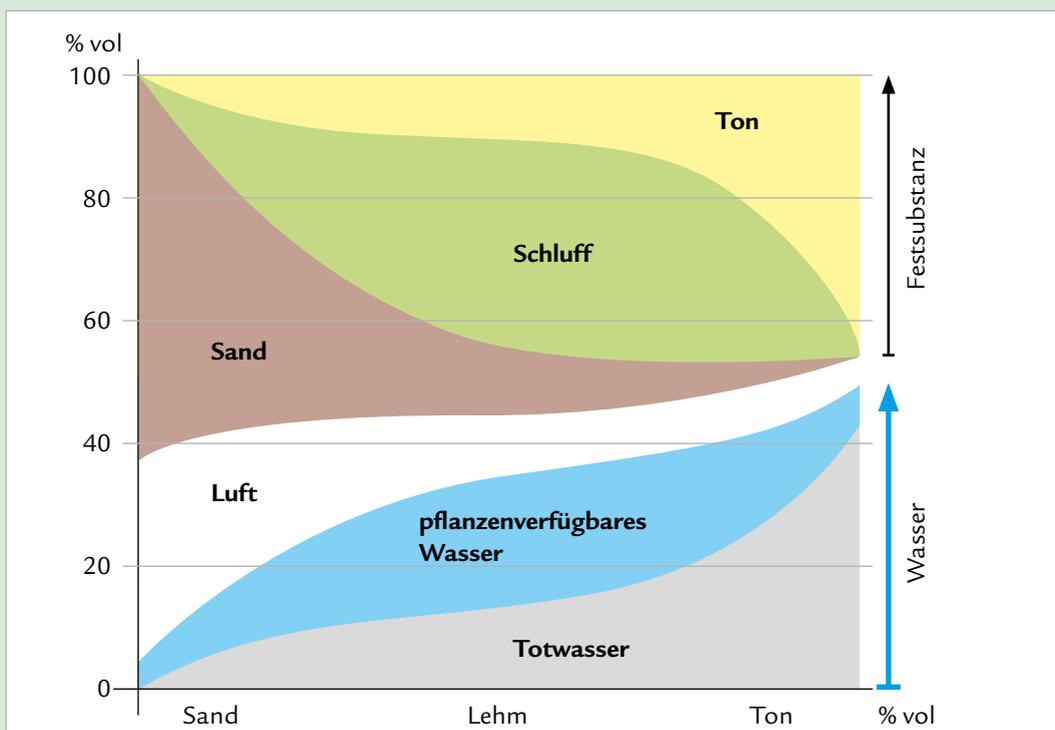
Bodenart	Maximale Wassermenge pro Bewässerung (mm Wasser = Liter/m ²)	Bewässerungsintervalle bei Tages-Wasserverbrauch *) von	
		3 l/m ²	6 l/m ²
Sand (S)	13	4 Tage	2 Tage
Lehmiger Sand (IS)	22	7 Tage	4 Tage
Sandiger Lehm (SI)	24	8 Tage	4 Tage
Lehm (L)	30	10 Tage	5 Tage

*) Abhängig von Temperatur, Wind und Pflanzenart.

Wasserspeichervermögen der Böden

Niederschläge, die auf den Boden fallen, laufen entweder als Oberflächenwasser ab oder versickern. Einen Teil des Sickerwassers hält der Boden gegen die Schwerkraft als Haftwasser fest. Haftwasser umgibt die Bodenteilchen als mikroskopisch dünne Hüllen (Adsorptionswasser) und füllt das Netz der feineren Poren im Boden (Kapillarwasser). Die Wassermenge, die ein Boden gegen die Schwerkraft festhalten kann, nennt man **Feldkapazität**. Das Sickerwasser erreicht vor allem durch das System der größeren Poren früher oder später das Grundwasser. Pflanzen decken ihren Wasserbedarf aus dem Haftwasser oder dem kapillar aufsteigenden Grund- oder Stauwasser. Sie können jedoch nur den Teil des Haftwassers nutzen, den ihre Wurzeln mit ihren Saugkräften dem Boden entnehmen können. Diesen

Anteil nennt man **pflanzenverfügbares Wasser** oder **nutzbare Feldkapazität** (nFK). Sie umfasst das **Bodenwasser** in den Mittelporen (0,0002–0,01 mm Ø) und den langsam dränenden Grobporen (0,01–0,05 mm Ø). Der in den Feinporen (Ø kleiner als 0,0002 mm) gebundene, für Kulturpflanzen nicht mehr pflanzenverfügbare Anteil heisst **Totwasser**. Der Wassergehalt des Bodens, bei dem das gesamte pflanzenverfügbare Wasser aufgebraucht ist und die Pflanzen zu vertrocknen beginnen, wird **permanenter Welkepunkt** (PWP) genannt. Er ist eine für jeden Boden charakteristische Grösse. Das Wasser, das im Wurzelraum als nutzbare Feldkapazität den Kulturpflanzen zur Verfügung steht, wird, wie beim Niederschlag, in mm oder l/m² angegeben.



Wasser, Luft und Substanzvolumen im Boden (nach Müller et al.)

Der Wasserbedarf der Pflanzen

Der Wasserbedarf einer Pflanze ist abhängig von ...

- **Pflanzenart und -grösse:** Grosse, wüchsige Pflanzen, insbesondere solche aus Feuchtgebieten, entziehen dem Substrat mehr Wasser als kleine Pflanzen oder solche aus Trockengebieten.
- **Temperatur und Licht:** Je höher die Temperatur bei gleichzeitig viel Licht ist, umso grösser ist der Wasserbedarf der Pflanzen und umso mehr Wasser wird nachgesaugt. Ein Teil des Wassers verdunstet über Blätter und Substrat. Steht die Pflanze zu stark unter Stress, ist es ihr möglich die Stomatzen zu schliessen, um die Verdunstung zu drosseln und sich somit zu schützen.
- **Luftfeuchte und Luftbewegung:** Sinngemäss gleiches gilt für Luftfeuchte und Luftbewegung.

Der Tages-Wasserverbrauch von Topfpflanzen ist von verschiedenen Faktoren abhängig:

Zeitpunkt	Kultur	Zeit	Wasserbedarf (l/m ² Tag)
Maximalbedarf	alle unbeschatteten Topfpflanzen	Mai/Juni	5
Minimalbedarf	Cyclamen Mutterpflanzen (Samenträger)	November	0,35
Winterdurchschnitt unbedeckte Matte: Einzeltopf-Tropfer:	Topf-Chrysanthenen	Dezember – März	1,13 0,76
über Mittag			Wasserbedarf (l/m ² Std.)
	Topf-Chrysanthenen	Februar	0,36
		August	1,33
	Elatiorbegonien	August	1,25
	Poinsettien	August	1,25
	Kalanchoe	August	1,05
	Ficus benjamini	August	1,05

aus: Everts, Düngerlexikon für den Gartenbau



Praxistipps für die Bewässerung von Freilandkulturen

- Vor dem Welkepunkt bewässern (welkt die Kultur bereits am Morgen, wurde der ideale Bewässerungstermin bereits verpasst).
- Im Frühjahr nicht zu früh mit der Bewässerung beginnen. Denn wenn zu früh begonnen wird, entwickeln einjährige Pflanzen nur Wurzeln in der obersten Bodenschicht. In Trockenphasen können sie dann die Bodenfeuchte tieferer Schichten nicht nutzen.
- Die Bewässerungsintervalle möglichst lange wählen und die der Bodenart entsprechende maximale Menge wässern (kleine Mengen in engen Abständen führen zu hohen Verdunstungsverlusten).
- Flächenbewässerung möglichst in Phasen ohne direkte Sonneneinstrahlung (bewölkt, Abend oder Nacht) und bei Windstille.
- Ersatz der Flächenbewässerung durch die Tropfenbewässerung spart viel Wasser

Wasserbedarf einiger Unterglas-Gemüsekulturen

Kultur	l/m ² Tag	l/m ² Monat
Tomaten	1,5 – 3,5	45 – 105
Gurken	1,2 – 3,7	35 – 111
Bohnen	0,8 – 3,9	24 – 105
Paprika	2,0 – 3,9	60 – 117
Salat	0,5 – 2,5	15 – 75

(aus: Everts: Düngerlexikon für den Gartenbau)

Wasserbedarf (m³/ha Jahr). Richtwerte für einige Freilandkulturen

Kultur	leichter Boden	mittlerer Boden	schwerer Boden
Baumschulen	5000	4500	4000
Feldgemüsebau	2000	1500	1200
Freilandgemüsebau intensiv	6000	6000	6000
Obst- und Weinbau	4000	3500	3000

(aus: Röber & Schaller: Pflanzenernährung im Gartenbau)

Freilandkulturen: ungefährender Wasserbedarf während der ganzen Kulturdauer

gering (200 l/m ²)	mittel (200 – 400 l/m ²)	hoch (400 – 600 l/m ²)	sehr hoch (über 600 l/m ²)
Endivie	Blumenkohl	Petersilie	Möhre/Karotte
Kopfsalat	Buschbohne	Sellerie	Winterrotkohl
Spinat	Einlegegurke	Sommerweisskohl	Rosenkohl
Rettich	Kohlrabi	Wirsing/Wirz	
Radieschen	Markerbsen	Zwiebel	
Porree/Lauch	Ackerbohne (Puffbohne)		

(Quelle: nach Hartmann et al. 2000)

Qualitätskriterien

Der beachtliche Wasserverbrauch macht deutlich, dass der Qualität des Giesswassers grosse Bedeutung zukommt. Sind im Giesswasser hohe Salzmengen gelöst, führt dies insbesondere bei Kulturen mit eingeschränktem Wurzelvolumen (Kulturen in Töpfen oder bodenunabhängigen Systemen) im Wurzelbereich schnell zu sehr hohen Salzkonzentrationen. Auch bei Dauerkulturen in gewachsenen Böden ist die Giesswasserqualität sehr wichtig. Wichtigste Ursache für die Versalzung ist das harte Wasser (Karbonathärte, verursacht durch Calcium- und Magnesiumcarbonat).



Wasserhärte

Die Wasserhärte entsteht beim Durchtritt von Wasser durch kalkhaltige Böden. Deshalb hängt es stark vom geologischen Untergrund ab, welche und wie viel Härtebildner in Lösung gehen können. Dem entspricht die geografische Verteilung der Wasserhärte.

Die Wasserhärte wird in französischen (°fH) oder in deutschen Härtegraden (°dH) angegeben:

Die Wasserhärte ist die Summe aller wasserlöslichen Calcium- und Magnesiumverbindungen (nebst Karbonaten auch Sulfate, Nitrate usw.).

Der überwiegende Teil der Wasserhärte entsteht normalerweise als Karbonathärte durch Auflösung von Kalk (CaCO_3) beziehungsweise

Dolomit (Ca-Mg-Mischkarbonat) durch Kohlensäure unter Bildung löslicher Hydrogencarbonate (HCO_3^-).

Entscheidend für die Beurteilung der Giesswasserqualität ist die Karbonathärte. Das Hydrogenkarbonat hat im Wurzelraum und Bewässerungssystem die folgenden negativen Wirkungen:

- bindet freie Wasserstoffionen, was zur Erhöhung des pH-Wertes führt.
- Kalkablagerungen im Bewässerungssystem (Leitungen, Tropfer).

Regenwasser weist keine Karbonathärte auf und ist somit das ideale Giesswasser.

Härtegrad	entspricht	abgeleitet von		
		mg Ca/Liter	mg CaCO_3 /l	mg CaO/l
1 französischer Härtegrad °fH	0,56 °dH	4	10	
1 deutsches Härtegrad °dH	1,78 °fH	7,14		10

pH-Wert

Der pH-Wert ist für die Beurteilung der Giesswasserqualität nicht geeignet. Werte über 7 bedeuten nicht, dass das Wasser hart ist. Häufig weist weiches Wasser relativ hohe pH-Werte auf (Baseneinfluss von Zement oder Gestein bei fehlender Pufferung).

Salzgehalt

Der Salzgehalt gibt Auskunft über die Ionenkonzentration im Giesswasser. Er wird als Leitfähigkeit gemessen. Die Leitfähigkeit gibt Auskunft über den Gesamt-Salzgehalt, jedoch nicht über die Zusammensetzung der Ionen.

Weil Trinkwasser in Mitteleuropa ausser Hydrogenkarbonat meistens nur wenig andere

Salze enthält, ist der Zusammenhang zwischen der Karbonathärte und der Leitfähigkeit meistens sehr eng. Ist die Karbonathärte bekannt und die gemessene Leitfähigkeit deutlich höher als erwartet, liegen nebst den „Härteionen“ noch andere Salze vor. In diesem Fall sollte eine Wasseranalyse durchgeführt werden.

Leitfähigkeit ¹⁾	Salzgehalt ²⁾	Wasserhärte	°fH	°dH
<270	< 140	weich	< 10	< 6
270 – 620	140 – 350	mittel	10 – 30	6 – 17
>620	> 350	hart	> 30	> 17

1) uS/cm, 25°C

2) nach VDLUFA als KCl (ein EC von 1mS/cm bei 25° C entspricht ca. 0,53 g KCl/Liter Lösung)

Anforderungen an Giesswasser bei Recyclierung der Nährlösung

Eigenschaft	Einheit	Empfindliche Kulturen und Hors-sol-Systeme	Substrat-Kulturen
Karbonathärte	°fH	< 10	< 20
	°dH	< 5	< 10
Leitfähigkeit	uS/cm, 25°C	< 270	< 450
	uS/cm, 18°C	< 230	< 390
Natrium (Na)	mg/l	< 20	< 20
Chlorid (Cl)	mg/l	< 35	< 35
Bor (B)	mg/l	< 0,2	< 0,4
Zink (Zn)	mg/l	< 0,3	< 0,5

Verbesserung der Wasserqualität

Bei ungenügender Qualität des Leitungs- oder Grundwassers kann die Qualität durch die Beimischung von Regenwasser verbessert werden. Bei der Bewässerung mit Regenwasser muss der Calciumversorgung besondere Beachtung geschenkt werden. Denn Pflanzen, welche auf hartes Wasser negativ reagieren, benötigen trotzdem Calcium.

Hohe Zinkwerte können sowohl im Leitungswasser wie auch im Regenwasser auftreten. Die Ursache sind verzinkte Leitungen und Rinnen, denn Regenwasser kann Kontakt mit Fensterstegen, Dachrinnen und Rohrleitungen (verzinkt oder Messing) gehabt haben.

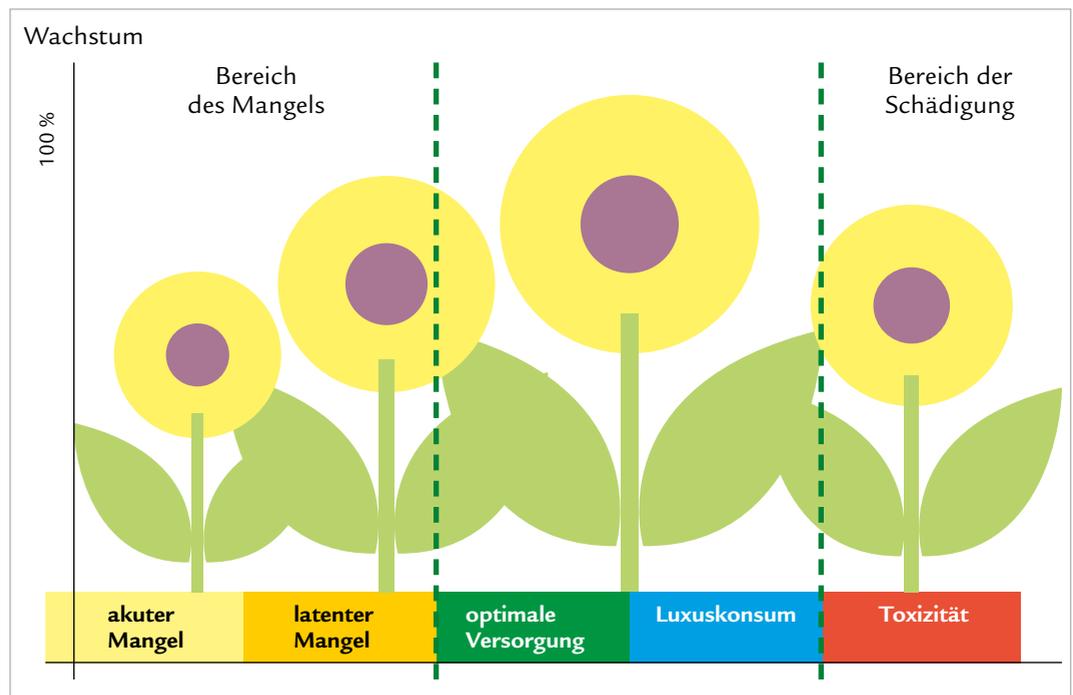
Massnahmen zur Wasserenthärtung sind im Kapitel 12 beschrieben.



Die optimale Düngermenge

Sowohl eine zu geringe wie auch eine zu hohe Menge eines Nährstoffes schwächen beziehungsweise schädigen eine Pflanze. Je nach Nährstoff ist der optimale Versorgungsbereich weit (z. B. Stickstoff) oder sehr eng (z. B. Bor). Am Beispiel von Bor bedeutet dies, dass schon ein Gehalt leicht unter dem Optimum zu Mangel und ein Gehalt leicht über dem Optimum schnell zu Schädigungen (Toxizität) führen.

Zusammenhang zwischen Nährstoffgehalt der Pflanze und Wachstum bzw. Ertrag



akuter Mangel	latenter Mangel	optimale Versorgung	Luxuskonsum	Toxizität (störender Überschuss)
Sichtbare Mangelsymptome, schlechter Ertrag und geringe Qualität Massnahme: mehrere Blatt-düngungen; zusätzliche Bodendüngung, sofern keine Fixierung (siehe unten „Nährstoffmangel und Bodenzustand“)	Keine Mangelerscheinung, Ertrag vermindert, Qualität zum Teil schlechter. Massnahme, sofern Nährstoffmangel aus den Vorjahren bekannt: Bodendüngung. Bei Nährstofffixierung (siehe unten „Nährstoffmangel und Bodenzustand“): Blattdüngung durchführen, sobald genügend Blattmasse vorhanden.	Bestes Wachstum und beste Qualität	Gutes Wachstum, Qualität zum Teil schlechter. Massnahme: vorübergehend auf Düngung des entsprechenden Nährstoffes verzichten. Evtl. Nährstoffe nachdüngen, welche von Antagonismus betroffen sind: z. B. bei Luxuskonsum von Kalium ist Magnesium nachzudüngen (siehe auch Seite 13).	Schlechteres Wachstum und geringere Qualität. Massnahme bei zu starker Löslichkeit wegen tiefem pH-Wert: Aufkalkung (z. B. bei Mangan-Toxizität)

Kulturspezifische Neigung zu Mangelsymptomen

Kultur	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B	Mo
Äpfel	++			+	+	++	+	++	
Blumenkohl	++	+	+			+	+	++	++
Bohnen	++	+	+	++	+	++			+
Brokkoli	+		+				+	+	++
Erbsen	+	+	+				++		+
Erdbeeren	+	+			+	++	+		
Gurken	+					++	+		
Himbeeren	+					++			
Kohl	++	+	++			+	+	+	+
Mohrrüben	++	+					++	+	+
Rettich						++	+	+	
Rosen	+	+			+			++	
Salat							++	+	++
Sellerie	+						+	++	
Spinat		+				++	++	+	++
Tomaten	++	+		+	++	+	+	+	+
Zwiebeln			+	++			++		++

+ = anfällig ++ = sehr anfällig

aus: G. Everts: Düngerlexikon für den Gartenbau

Die Gründe für Nährstoffmangel

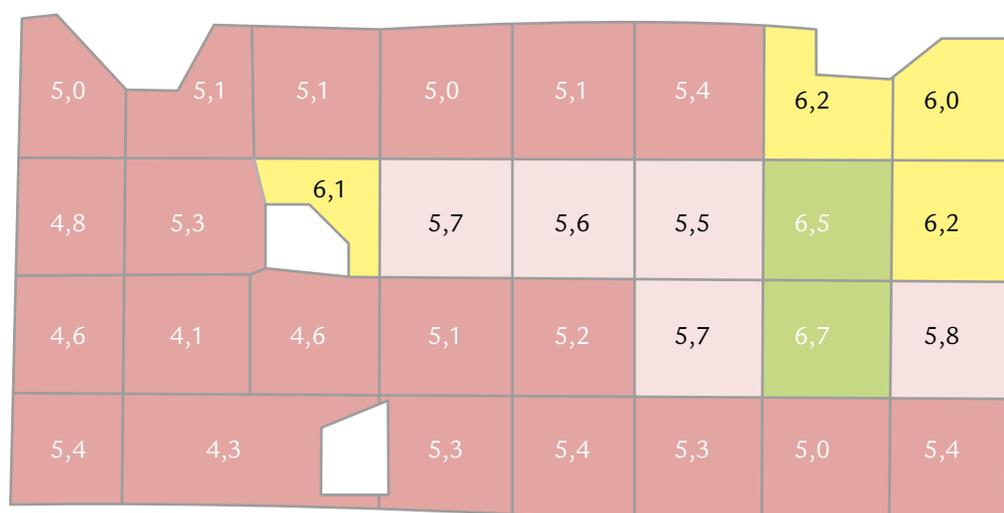
In Böden mit ungenügender Nährstoffversorgung sind Mangelerscheinungen zu erwarten (insbesondere latenter, nicht sichtbarer Mangel). Akuter, sichtbarer Mangel ist jedoch häufig auf andere Ursachen zurückzuführen:

Extremer pH-Wert

Nährstoffmangel ist häufig auf extreme pH-Werte zurückzuführen. Normale pH-Werte im Bodenanalysenresultat sagen aber wenig aus, denn dieses Resultat ist ein Durchschnittswert der ganzen Parzelle. Innerhalb einer Parzelle können die Werte um zwei und mehr pH-Wer-

te variieren. Treten also Mangelerscheinungen in der Parzelle fleckenweise auf, deutet dies darauf hin, dass dort ein extremer pH-Wert vorliegt. **Zwei oder mehrere getrennte pH-Messungen (Stellen ohne und mit Mangel) verschaffen da Klarheit!**

Mögliche pH-Schwankung auf einer Hektare Ackerboden

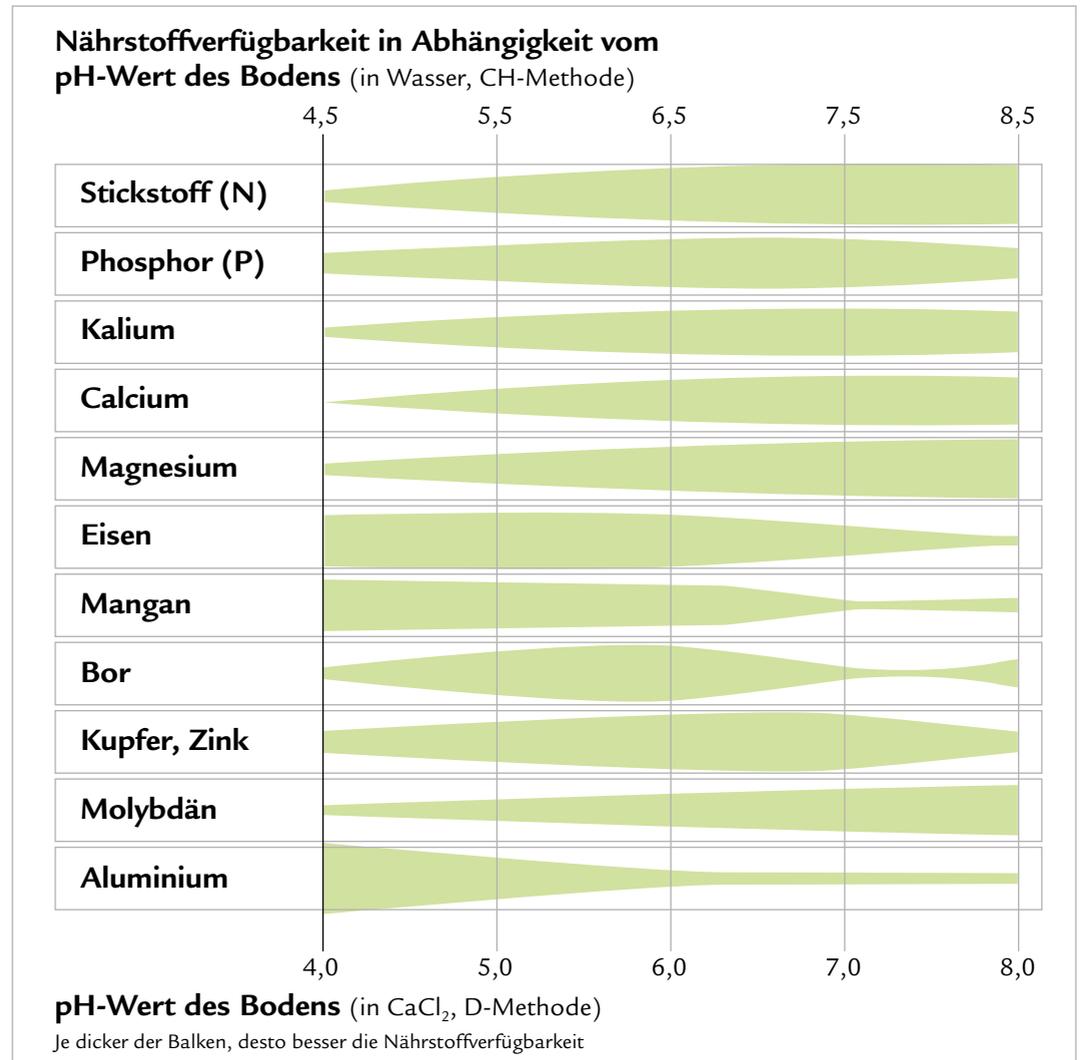


gemessene pH-Werte

- 6,3 – 6,7
- 5,9 – 6,2
- 5,5 – 5,8
- 3,8 – 5,4

pH-Wert der Boden-Mischprobe: 5.4

Bei der Bewässerung ist auch die Wasserhärte ein Faktor, der den pH-Wert des Bodens oder Substrates beeinflusst. Vor allem beim Unterglasanbau ist daher die Kenntnis der Wasserhärte eine wichtige Voraussetzung, um vorbeugend das Substrat, die Wasserqualität und die Düngung auf die pH-Bedürfnisse der Kultur abzustimmen (siehe Kapitel 5 und 12).



Die folgenden Einflüsse gelten vorwiegend für gewachsenen Böden, weniger ausgeprägt auch für Topf- oder Container-Substrate.

Bodenverdichtung

In verdichteten Böden können Nährstoffmangel-Symptome auftreten, obschon der Boden genügend oder vorrätig versorgt ist, da im verdichteten Boden Wurzeln schlecht entwickelt sind und der Luft- und Wasserhaushalt gestört ist. Nährstoffkorrekturen sind nur mit Blattdüngungen möglich.

Bodenverdichtungen können nebst dem Befahren der Böden mit schweren Maschinen auf schmaler Bereifung bei feuchtem Boden noch andere Ursachen haben. Besonders bei der Erstellung von Rasenflächen muss vom verantwortlichen Bauleiter darauf geachtet werden,

dass die Fläche bei jedem Aufbauschritt strikt nur bei ausreichender Trockenheit befahren wird. Fehler, die durch Verdichtungen beim Einbau entstehen, können später kaum mehr behoben werden (z. B. durch Aufreißen). Der resultierende mangelhafte Rasenwuchs lässt sich auch nicht durch eine erhöhte Düngung beheben. Verdichtungen lassen sich mit bodenphysikalischen Untersuchungen oder ganz einfach mit der Spatenprobe nachweisen.

Vernässungen und Trockenheit

Nährstoffionen können im Boden in verschiedenen Wertigkeiten vorliegen. Die Pflanzenwurzeln können in der Regel nur eine Form aufnehmen. Im trockenen Boden können Ionen oxidieren oder in sehr nassen Böden reduzieren. Beide Vorgänge machen gewisse Nährstoffe für die Pflanzen unaufnehmbar.

Einfluss von Bodenfaktoren auf die Nährstoffverfügbarkeit

Faktoren im Boden	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Hoher pH-Wert	0	+	-	-	-	-	+	-
Niedriger pH-Wert	-	-	+	+	+	+	+	0
Hoher P-Gehalt	0	0	0	-	-	-	0	-
Organische Substanz; Humin-, Fulvosäuren	0	0	+	+	+	-	-	-

0 = geringer Einfluss + = positiver Einfluss - = negativer Einfluss

(aus: Everts 1998, angepasst)

Mangelsymptome

In der Praxis sind Mangelsymptome häufig nicht genau einem Nährstoff zuzuordnen, weil die Mangelsymptome mehrerer Nährstoffe sich ähnlich sind.

Nährstoffmangel ist häufig die Folge schwieriger Bedingungen im Wurzelraum. Dadurch ist oft gleichzeitig die Aufnahme mehrerer Nährstoffe gehemmt. Möglich ist auch, dass eine physiologische Reaktion der Pflanze die Wirksamkeit oder den Transport eines Elementes verhindert (pH-Wert des Zellsaftes, fehlende Transpiration, Stress). Im Anhang Seiten 90/91 finden Sie ein Schema für die Erkennung der Mangelsymptome.

Stickstoff (N)

Mangelböden:

- Sandige, humusarme Böden

Massnahmen:

- Neue Rasenplätze mit DIN-Aufbau: N-Düngung in den ersten 2-3 Jahren erhöhen
- N-Düngung über Boden. Bei starkem Mangel oder wenn längere Zeit kein Niederschlag erwartet wird: zusätzliche Blattdüngung mit N-betontem Produkt.
- Drainage vernässter Böden.
- Bodenstruktur verbessern.
- Bei Einarbeitung von ungenügend verrottem organischem Material ist die N-Düngung zu erhöhen.
- N-Auswaschung im Winter ist durch Gründüngung zu vermindern.

Symptome bei Überschuss:

- Dunkelgrüne Blätter mit erhöhter Anfälligkeit auf Trockenheit, Krankheiten und Insektenbefall.
- Verspätete Abreife.



Poinsettia



Datura



Kohl

(Nur wenige Pflanzenfamilien reagieren auf Stickstoffmangel mit Rotverfärbung.)



Hortensie



Pelargonie

Phosphor (P)

Mangelböden:

- Extreme pH-Werte (unter 5 oder über 7,5),
- schlecht strukturierte, verdichtete Böden.

Massnahmen:

- In neutralen bis alkalischen Böden sind ausschliesslich wasserlösliche Phosphordünger einzusetzen.
- Saure Böden aufkalken.

Symptome bei Überschuss:

- Eisen- und Zinkmangel.



Grünkragen bei Tomate



Gerbera

Kalium (K)

Mangelböden:

- Tonreiche Böden (Fixierung),
- sandige oder anmoorige Böden (Auswaschung),
- ungenügend gedüngte Böden.

Massnahmen:

- Aufdüngung mit Kalidüngemittel, wobei auf ton- oder schluffreichen Fixationsböden sehr grosse Mengen erforderlich sind.
- Bei starkem Mangel oder wenn längere Zeit kein Niederschlag erwartet wird: zusätzliche Blattdüngung mit K-betontem Produkt.

Symptome bei Überschuss:

- Magnesium- und evtl. Calciummangel.



Poinsettia



Blütenendfäule bei Tomaten



Stippigkeit bei Äpfeln

Calcium (Ca)

Mangelböden:

- Sehr saure, kalkarme Standorte mit leichten Böden, die stark der Auswaschung ausgesetzt sind.

Massnahmen:

- Vorbeugende Ca-Blattdüngungen in Kulturen und Standorten, wo regelmässig Mangel auftritt (stippige Äpfel, Tomaten mit Blütenendfäule).
- Aufkalkung mit gemahlenem oder feingranuliertem Kalk, Dolomit oder Kalk der Zuckerraffinerien oder der Kieswerke.
- Regelmässige Verwendung von kalkhaltigen Düngemitteln.
- In der Zierpflanzenproduktion: Luftfeuchtigkeit senken, nicht zu hohe Temperaturen, ausreichende Versorgung mit Bor.

Symptome bei Überschuss:

- Magnesium- und Kaliummangel.



Blattrandbräune bei Lactuca-Arten

Magnesium (Mg)

Mangelböden:

Leichte, saure oder kalkarme Böden.

Massnahmen:

- Magnesiumdüngung mit Kieserit. Bei starkem Mangel oder wenn längere Zeit kein Niederschlag erwartet wird: zusätzliche Blattdüngung mit Mg- betontem Produkt.
- Regelmässige Verwendung magnesiumhaltiger Düngemittel (z. B. Kali als Kalimagnesia geben).
- Magnesiumdüngung mit Dolomit (nur wenn pH-Wert tiefer als 6,5).

Symptome bei Überschuss:

- Sehr selten; evtl. Wachstumsreduktion durch Ungleichgewicht mit Calcium und Kalium.



Poinsettia



Chrysantheme



Kartoffel

Schwefel (S)

Mangelböden:

■ Feuchte Standorte; humusarme, leichte Böden.

Massnahmen:

- Verwendung schwefelhaltiger Düngemittel (Volldünger mit Schwefel, Ammonsulfat, Kaliumsulfat, Magnesiumsulfat).

Symptome bei Überschuss:

- Vorzeitiger Blattfall.



Buschbohne

Bor (B)

Mangelböden:

- Sehr saure (unter pH 5,5) oder alkalische Böden,
- humusreiche oder sandige Böden.

Massnahmen:

- Blattdüngung,
- borhaltige Dünger einsetzen (auf leicht sauren Böden),
- pH-Korrektur (sehr saure Böden).

Symptome bei Überschuss:

- Blattspitzen verfärben sich gelb, werden später nekrotisch und fallen ab.



Rose



Gerbera



Steinfrüchtigkeit bei Birne



Gerbera



© Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT), Freising (D)

Pelargonien



© Dorothea Baumgöhr

Surfinien



© Hauert

Rhododendron

Eisen (Fe)

Mangelböden:

- Alkalische, kalkreiche Böden mit wenig organischer Substanz, schlechter Bodenstruktur und Vernässung,
- Eisenmangel wird durch hohe Phosphorgaben und Aufkalkung verstärkt.

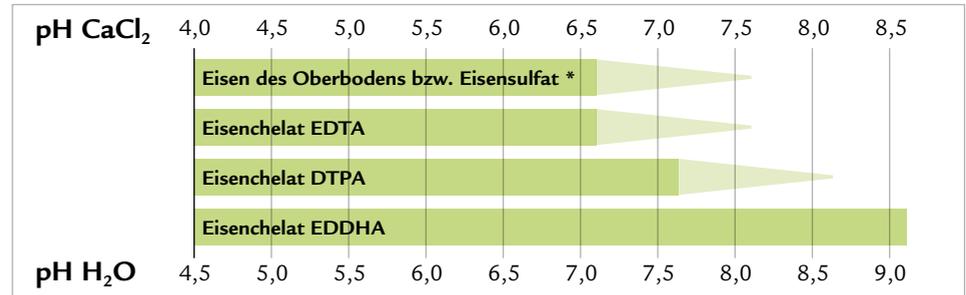
Massnahmen:

- Als Sofortmassnahme Blattdüngung mit Eisenchelate,
- Bodendurchlüftung fördern,
- nicht zu viel organische Substanz zuführen,
- P-Übersorgung verhindern,
- Boden- bzw. Substratdüngung mit Eisenchelate.

Symptome bei Überschuss:

- Blätter werden bräunlich mit kleinen braunen Flecken.

Verfügbarkeit von Eisendüngern in Abhängigkeit des pH-Wertes des Bodens oder der Nährlösung



*) nebst dem pH-Wert können andere bodenabhängige Faktoren zu einer Blockierung führen



© Hauert

Sonnenblume



© Hauert

Poinsettia

Mangan (Mn)

Mangelböden:

- alkalische Böden (aufgekalkte Humusböden),
- Böden mit hohem Grundwasserspiegel,
- leichte, trockene Böden,
- humose Sande.

Massnahmen:

- Blattdüngung
- Verwendung physiologisch sauer wirkender Dünger,
- humose Sande: Düngung mit Mangansulfat auf Boden (ca. 20 kg/ha bei pH-Wert < 6,5),
- Mangan-Chelat EDTA wirkt bei Boden-pH-Wert von 4 – 8,5.

Symptome bei Überschuss:

- Ältere Blätter weisen braune, gelb umrandete Flecken auf.

Kupfer (Cu)- und Zinkmangel (Zn)

Mangelercheinungen dieser beiden Spurenelemente sind in der Praxis sehr selten.

Visuell diagnostizierter Kupfermangel entpuppt sich häufig als Calciummangel und ein vermuteter Zinkmangel ist meistens ein Eisen- oder Magnesiummangel.



Mais

ACHTUNG: nicht jede Verfärbung oder Nekrose der Blätter ist auf Nährstoffmangel zurückzuführen.

Verfärbung der Blattadern: Virose.

Nekrosen: Kontaktherbizide, Pilzkrankheiten, Miniermotten oder Minierfliegen, Sonnenbrand.

Fahlgrüne, bräunliche Verfärbung des Blattes: Milbenbefall (mit Lupe auf Blattunterseite sichtbar).

Blattaufhellungen: Bodenherbizide.

Wachstumsdepressionen: Virose, Nematoden, Hormone (Wachsstoff-Herbizide oder Wachstumsregulatoren).

Braune Blätter oder Teile davon, Stängel: Pilzinfektionen.

Blattdüngungen

Über das Blatt können nur kleine Nährstoffmengen aufgenommen werden. Bei den Hauptnährstoffen sind deshalb mehrere Düngungen notwendig. Die Nährstoffaufnahme erfolgt jedoch schneller als über den Boden. Die Blattdüngung ist unter den folgenden Bedingungen von Bedeutung:

- Akuter, unerwarteter Nährstoffmangel.
- Nährstoffaufnahme über den Boden ist nicht möglich (kein Regen/Bewässerung, ungünstiger pH-Wert, Bodenverdichtung respektive schlechtes oder beschädigtes Wurzelwerk).

Blattdüngungen können auf Blätter ätzend wirken und dadurch Nekrosen verursachen.

Vorsichtsmassnahmen:

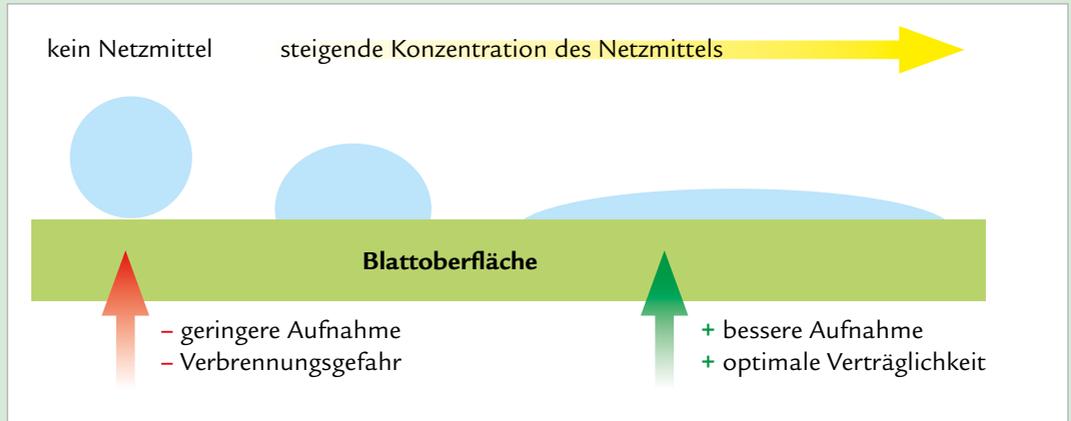
- Keine Anwendung nach längeren Regen bzw. lichtarmen Perioden (schwache Wachsschicht).
- Kulturspezifisch empfohlene Höchstkonzentration nicht überschreiten.
- Auf absolut trockenen Blättern und nicht bei grellem Sonnenschein anwenden (am besten gegen Abend).
- In Phasen starken Wachstums die Konzentration reduzieren (Wachsschicht auf Blatt-Aussenhaut noch nicht ausgebildet).
- Bei Salzen (Mg-Sulfat, Mn-Sulfat usw.) Netzmittel zugeben.

Aufnahmegeschwindigkeit von Nährstoffen über das Blatt

sehr schnell (50% in 2 – 4h)	Stickstoff (Harnstoff), Magnesium
schnell (50% in 1 – 2 Tagen)	Mangan, Zink
langsam (50% in 2 – 4 Tagen)	Phosphor, Kalium, Calcium
sehr langsam (50% in 1 – 2 Wochen)	Schwefel, Eisen



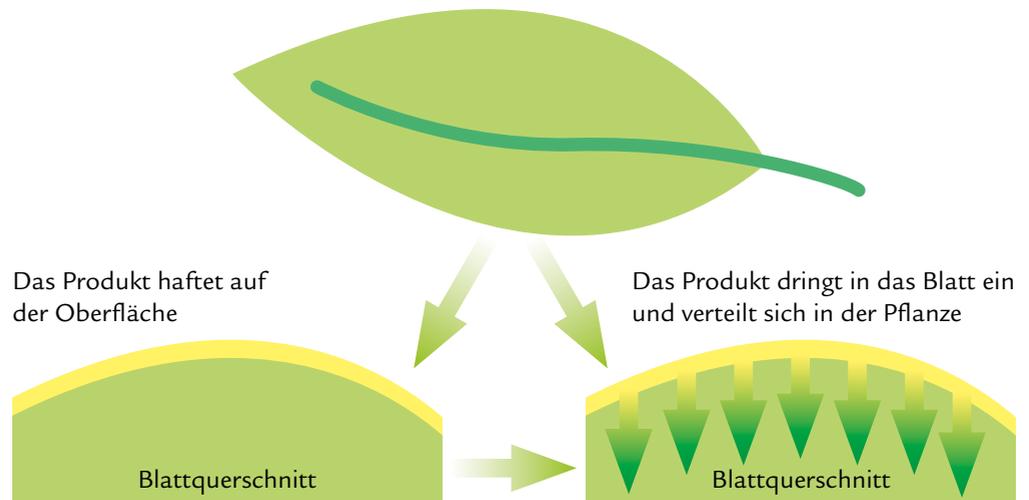
Die Wirkung von Netzmittelzusätzen zu Spritzbrühen:



Im Handel sind diverse Blattdünger mit Formulierungshilfsstoffen erhältlich:

Aufgaben von Formulierungshilfsstoffen:

- erhöhen die Aufnahme des Nährstoffes durch das Blatt
- ermöglichen die Ausbreitung des Nährstoffes in der Pflanze



Regel:

Je langsamer die Blattdüngungs-Lösung auf dem Blatt eintrocknet, desto besser ist die Aufnahme rate.

Anwendung von spezifischen Blattdüngern bei Nährstoffmangel

Dünger	Element-Gehalt (%)	Kultur							Aufwandmenge (Produkt)		Bemerkungen
		Zierpflanzen	Container-Baum-schulen	Gartenbau	Gemüse	Obstbau Weinbau	Kartoffeln	Getreide	g/a	kg/ha	
Harnstoff	46 % N							x	300-600	30-60	bei Wachstumsstockung
								x	100-300	10-30	bei Wachstumsstockung
			x	x	x	x			20-40	2-4	bei Wachstumsstockung
Magnesium-Sulfat	9,8 % Mg				x	x	x	x	100	10	Obst: 8 Wochen nach der Blüte; Weinbau: nach Fruchtansatz
			x	x					50	5	Baumschule, Gartenbau
Calciumnitrat	15,5 % N 19 % Ca				x	x			20-50	2-5	Tomaten: Gegen Blütenendfäule. Salat: Gegen Innenbrand. Apfelanlagen: Gegen Stippe. 2-6 Behandlungen, 1000 l Wasser/ha
Mangan-Sulfat ¹⁾	32 % Mn				x			x	100	10	
									20-50	2-5	Möglichst früh anwenden.
		x	x	x					2-4	0,2-0,4	
Mangan-Chelat	13 % Mn								5-10	0,5-1,0	
		x	x	x				x	10-20	1-2	
Kupfer-Sulfat	25 % Cu		x	x					5-10	0,5-1	
						x			1-4	0,1-0,4	
Kupfer-Chelat	14 % Cu				x	x			5-10	0,5-1,0	
		x	x	x					0,8-2	0,08-0,2	
Solubor ¹⁾	17,5 % B								50-80	5-8	Zuckerrüben: 2 Behandlungen, ab 6-Blatt-Stadium
		x	x	x					4-8	0,4-0,8	
					x	x				10-20	1-2
Eisen-Sulfat	19 % Fe	x	x	x					4-8	0,4-0,8	
									10-20	1-2	
Eisen-Chelat-EDTA	13 % Fe	x	x	x					0,8-2	0,08-0,2	
									4-8	0,4-0,8	
Zinksulfat	36 % Zn				x				5	0,5	
		x	x	x					2-3	0,2-0,3	
									5-10	0,5-1,0	
Zink-Chelat	14 % Zn	x	x	x					0,4-2	0,04-0,2	
					x	x			1-4	0,1-0,4	
Natriummolybdat	40 % Mo	x	x	x					0,4-0,8	0,04-0,08	
									4	0,4	
					x	x			2	0,2	

1) Solubor und Mangansulfat nicht mischen, denn diese Mischungen führen nach kurzer Zeit zu Ausflockungen und können Filter und Düsen verstopfen. Bei Nährstoffmangel unbekannter Ursache: 2 x „Vegesan MEGA“ (2 x 4 l/ha).

Organische Handelsdünger

Sie bestehen aus pflanzlichen oder tierischen Nebenprodukten der Lebensmittelindustrie sowie aus Mist. Tierische Rohstoffe unterliegen strengen gesetzlichen Vorschriften betreffend Herkunft und Hygienisierung (BSE, Vogelgrippe, Schweinegrippe usw.)

Die meistverwendeten pflanzlichen Rohstoffe:

- Malz: getrocknete Keimlinge von gemälzter Gerste oder Weizen,
- Rapskuchenmehl: Presskuchen von Ölrapen,
- Maiskleber: Nebenprodukt der Maisstärkeherstellung,
- Vinsasse: Nebenprodukte aus der Zuckerherstellung.

Weitere pflanzliche Rohstoffe, welche wegen ihrem geringen Nährstoffgehalt vorwiegend als Bodenverbesserer eingesetzt werden:

- Traubenkernmehl.
- Kaffeesatzmehl.

Die meistverwendeten tierischen Rohstoffe:

- Hornspäne, Hornmehl: zerkleinerte Hörner und Hufe von Wiederkäuern,
- Federmehl: Federn von Mastpoulets und Truthähnen (Masthähnchen und Puten),
- Fleisch-Knochenmehl: Mehl aus Zerlegeknochen verschiedener Tierarten (Lebensmittelqualität),
- Haut- und Ledermehl: Mehl aus Häuten bzw. Schwarten diverser Tierarten,
- Blutmehl.

Die einzelnen organischen Rohstoffe sind vielfach nur schlecht als Dünger geeignet. Erst durch die richtige Kombination verschiedener Rohstoffe und durch die optimale Behandlung entstehen hochwertige Dünger mit einem hohen Wirkungsgrad.

Mineralische Handelsdünger

Mineralsalze:

Aufbereitete, mehr oder weniger wasserlösliche Salze aus natürlichen Lagerstätten wie Kaliumchlorid, Kaliumsulfat, Magnesiumsulfat, Rohphosphat.

Chemisch aufgeschlossene und zum Teil umgewandelte Mineralsalze:

Superphosphat, Triple-Superphosphat, Ammonphosphat, Kaliumphosphat.

Synthetisch hergestellte Dünger:

Ammonnitrat, Ammonsulfat, Calciumnitrat, Kaliumnitrat, Kalkstickstoff, Harnstoff.

Spezifische Eigenschaften von mineralischen Handelsdüngern

Chloridgehalt:

Diverse Zierpflanzen sowie einige Kulturpflanzen, z. B. die Nachtschattengewächse (Kartoffeln, Tomaten, Tabak, Auberginen, Paprika usw.), sind sehr chloempfindlich.

Chlorfrei =

Dünger enthält weniger als 0,1 % Chlor.

Chlorarm =

Dünger enthält weniger als 2 % Chlor.

Nebst der direkten Schädigung der Pflanzen durch Chlorid, ist Chlorid auch eine wesentliche Ursache der Bodenversalzung.

Kalkfrei:

Dünger enthält keine basisch wirkenden Stoffe, d. h. Karbonate. Ein kalkfreier Dünger kann aber Calcium in nichtbasisch wirkender Form enthalten (z. B. als Calciumnitrat oder Calciumphosphat). Kalkfreie Dünger werden in Kulturen eingesetzt, welche saure Böden benötigen.

Versalzungseigenschaften der Dünger:

Chemisch gesehen sind die meisten mineralischen Düngerrohstoffe Salze. Die einzelnen Nährstoffe bzw. Nährstoffformen wirken sich jedoch sehr unterschiedlich auf die Salzbelastung der Bodenlösung aus.

Aufbereitete Gesteinsmehle

Gemahlene und durch physikalische Verfahren aufbereitete Gesteine: Kalkstein, Dolomit (Ca, Mg), Meeresalgenkalk, Granit (diverse Spurenelemente), vulkanische Gesteine (diverse Spurenelemente) usw.

Organisch-mineralische Dünger

Mischdünger aus organischen und mineralischen Rohstoffen. **Achtung:** Auch ein Mischdünger aus organischen Rohstoffen und (natürlichen) Gesteinsmehlen ist organisch-mineralisch!

Relative Belastung der Bodenlösung pro Nährstoffeinheit (Finck, 1979)



Salzindex je Nährstoffeinheit (S _N)	Dünger
sehr hoch (5–6)	Natriumnitrat (Chilesalpeter), Kalinitrat (als N-Dünger)
hoch (ca. 3)	Ammonnitrat, Ammonsulfat
mittel (2–2,5)	N-Lösung, Kaliumchlorid, Kalimagnesia
niedrig (1–1,6)	Harnstoff, Kalisulfat, DAP (als N-Dünger)
sehr niedrig (0,3–0,6)	Superphosphat, Monoammonphosphat und Diammonphosphat (als P-Dünger)

Der Salzindex ist ein relatives Mass für die Erhöhung des osmotischen Druckes in der Bodenlösung im Vergleich zu einem Referenzsalz.

Je höher der Salzindex eines Düngers ist, desto stärker steigt die Versalzung bzw. der EC-Wert des Bodens pro ausgebrachte Nährstoffeinheit.

Einfluss verschiedener Dünger auf die Bodenreaktion (pH-Wert):

Versauernde Wirkung (pH-senkend)	Neutrale oder alkalische Wirkung (pH-erhaltend oder pH-erhöhend)
Ammoniumdünger	Sulfatdünger
Harnstoff	Hyperphosphat
organische Stickstoffdünger	Nitrat
	Kalkdünger (siehe auch Seite 86)

Die Eigenschaften verschiedener Nährstoffformen und Dünger

Nährstoff	Nährstoffform	Eigenschaften	Anwendungshinweise
Stickstoff	Nitrat (Salpeter)	Schnelle Wirkung. Hohe Auswaschungsgefahr	Zeitpunkt und Menge exakt dem kurzfristigen Bedarf der Kulturen anpassen.
	Ammonium	Wirkt leicht langsamer als Nitrat. Verflüchtigungsgefahr. Wirkt physiologisch sauer.	Bei längeren regenfreien Perioden leicht einarbeiten. Für die Flüssigdüngung zur pH-Senkung anwendbar.
	Harnstoff	Bei tiefen Bodentemperaturen verzögerte Wirkung . Aber: Blattdüngungen mit Harnstoff wirken schnell! Erhöhte Verflüchtigungsgefahr (insbesondere bei hohen Temperaturen)	In neutralen und alkalischen Böden, sowie während Schönwetterperioden oberflächlich einarbeiten. Im Unterglas-Anbau Gefahr von Ammoniakverbrennungen bei Bodendüngung.
	Organisch	Wirkt langsamer als mineralische Formen. Wirkungsgeschwindigkeit hängt nebst Bodentemperatur und Bodenfeuchte stark von der Rezeptur (Kombination diverser organischer Rohstoffe) und von der Granulierung ab. Feingranulate haben eine grössere Oberfläche als Würfelgranulate. Je grösser die Oberfläche, desto schneller können die Boden-Mikroorganismen den organischen Stickstoff zu Nitrat mineralisieren. Wirkt physiologisch sauer.	Überwinternde Kulturen: Ganze Menge im sehr zeitigen Frühjahr ausbringen (bei kaltem Boden bzw. verzögertem Vegetationsbeginn wird organischer N nicht ausgewaschen). Kurzdauernde Kulturen und Kulturen mit hohem Anfangsbedarf: ganze Menge zur Saat/Pflanzung ausbringen. Längerdauernde Kulturen: Aufteilung auf max. zwei Düngungen. Eine zu späte Düngung führt zu N-Mineralisierung, wenn Kultur keinen Bedarf mehr hat (Abreifephase und nach der Ernte). Dies führt zu Nitrat- auswaschung.
Phosphat	Wasserlöslich (z.B. Superphosphat)	Schnelle Wirkung bei allen Böden	Neutrale und alkalische Böden: regelmässiger Einsatz. Achtung: Die Pflanzenverfügbarkeit der wasserlöslichen Phosphate geht kurz nach der Ausbringung zurück. Deshalb bei Mangel Dünger kurz vor der Saat/Pflanzung ausbringen! Saure Böden: gelegentlicher Einsatz bei Kulturen mit hohem P-Bedarf im Jugendstadium.
	Zitronensäurelöslich (z.B. Thomasmehl, Thomaskalk, Knochenmehl)	Langsame Wirkung, leichte Kalkwirkung; wirkt pH-erhaltend in schwach sauren Böden	Einsatz bei schlechter P-Versorgung des Bodens bis pH-Wert 6,2; in gut versorgten Böden bis pH-Wert 7,5.
	Rohphosphat (z.B. Hyperphosphat)	Sehr langsam wirkend, wird durch Wurzelausscheidungen und Mikroorganismen pflanzenverfügbar.	Einsatz bei Böden mit pH-Werten unter 6,5, im Biolandbau und in Substraten.

Nährstoff	Nährstoffform	Eigenschaften	Anwendungshinweise
Kali	alle Kaliformen:	Wasserlöslich; schnelle Wirkung; Auswaschungsgefahr in sandigen Böden und in Anmooren.	Bei sehr sandigen Böden und in Anmooren im Frühjahr ausbringen. Fördert Calciumverluste.
	Kaliumchlorid (z.B. Kalisalze)	chlorhaltig	Einzelgabe auf 300 kg K ₂ O/ha beschrän- ken; nicht in chloridempfindlichen Kulturen einsetzen.
	Kaliumsulfat (z.B. Kali- sulfat, Kalimagnesia)	schwefelhaltig	Einsatz bei chloridempfindlichen Kulturen und in Kulturen mit erhöhtem Schwefelbedarf.
	Kaliumnitrat		Geeignet für Blattdüngung; Spezialdünger für Sonderfälle (Gemüse, Tabak).
Magnesium	Magnesiumsulfat (Kieserit, Bittersalz)	Wasserlöslich, schnelle Wirkung; Auswaschungsgefahr bei leichteren Böden; schwefelhaltig.	Einsatz bei akutem Magnesiumbedarf (Blattdüngung mit Bittersalz, Boden- düngung mit Kieserit).
	Magnesiumnitrat	Wasserlöslich, schnelle Wirkung. Enthält Stickstoff.	Gut geeignet für die Blattdüngung und die Flüssigdüngung.
	Magnesiumkarbonat (im Dolomit nebst Calciumcarbonat ent- halten)	Schwach löslich; langsame und anhaltende Wirkung; geringe Auswaschungsgefahr. Wirkt pH- erhöhend im Boden	Einsatz zur Behebung von leichterem Mangel in sauren Böden; Erhaltungsdüngung in neutralen, schwach sauren und sauren Böden.
	Magnesiumoxid	Verzögerte, lang anhaltende Wirkung. Wirkt pH-erhöhend im Boden.	Einsatz zur Erhaltungsdüngung bei allen Bodenarten
Calcium	Calciumcarbonat (Düngkalk, Kalkstein- mehl)	Basisch wirksam (erhöht den pH-Wert des Bodens). Wirkungsgeschwindigkeit ist von Malfeinheit abhängig (je feiner, desto schneller).	Zur Aufkalkung saurer Böden. Nebeneffekt: Calciumdüngung.
	Calciumsulfat (Düngegips)	Nicht basisch wirksam (erhöht den pH-Wert des Bodens nicht). Im Boden ist Calcium und Schwefel rasch pflanzen- verfügbar.	Zur Sicherstellung des Calciumbedarfes von „säureliebenden“ Kulturen (Zitrus, Beeren, Rhodo usw.)
	Calciumnitrat	Wirkt in Nährlösungen physiologisch leicht basisch, in Böden beeinflusst es den pH-Wert nicht. Gut wasserlöslich (auch als Blattdünger einsetzbar).	In Kulturen mit tiefem pH-Optimum wird Calciumnitrat oder Calciumsulfat (Düngegips) zur Calciumversorgung eingesetzt. Bei der Flüssigdüngung mit Regenwasser dient Calciumnitrat der Calciumversorgung.
Schwefel	Sulfat	Wasserlöslich. Schnelle Wirkung. Erhöhte Auswaschungsgefahr. Schwefelgehalte einiger Mineraldünger: Ammonsulfat: 24 % Magnesiumsulfat (Kieserit): 20 % Kalimagnesia (Patentkali): 23 % Kalisulfat: 18 % Superphosphat: 12 % Mehrnährstoffdünger: gemäss Angabe auf Verpackung Magnesiumsulfat (Bittersalz; Blatt- düngung): 13 % Calciumsulfat: 18 %	
	Elementarer Schwefel	Langsame Nährstoffwirkung (Minerali- sierung durch Bodenmikroorganismen). Starke Senkung des pH-Wertes von Boden/Pflanzsubstraten.	Zeitpunkt und Menge dem kurzfristigen Bedarf der Kulturen anpassen (Einsatz wie mineralischer N-Dünger).

Spurenelementdünger

Spurenelemente sind im Boden meistens in genügender Menge vorhanden und in Substraten ist die Aufdüngung mit Spurenelementen durch die Erdenwerke Standard. Mangelerscheinungen sind meistens auf fehlende Bodenverfügbarkeit zurückzuführen (pH-Wert, Bodenstruktur usw.), deshalb müssen Korrekturen über das Blatt erfolgen (siehe „Blattdüngungen“, Seite 41).

In einigen Spezialkulturen, insbesondere bei Kulturen in Substraten, ist es sinnvoll, auch bei der Nachdüngung Volldünger mit Spurenelementzusätzen zu verwenden.

Sonderfall Eisen

Die Korrektur von Eisenmangel mit Chelaten über den Boden beziehungsweise die Wurzel ist üblich. Es ist dabei zu beachten, dass die Pflanzenverfügbarkeit der verschiedenen Eisenchelate vom pH-Wert des Bodens abhängig ist (siehe „Nährstoffmangel“, Seite 40).

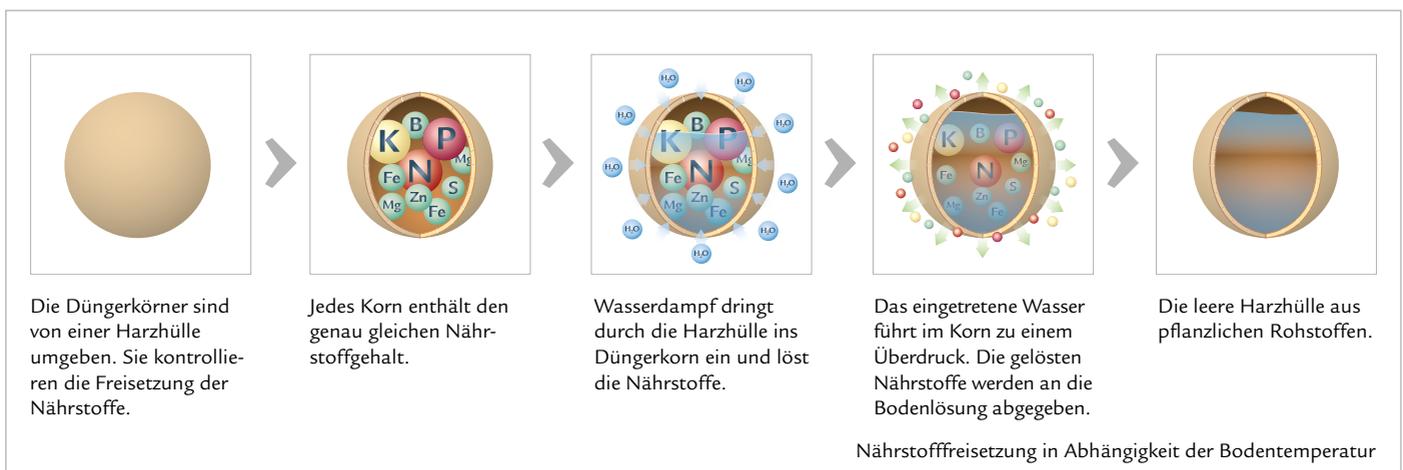
Langzeitdünger

Definition Langzeitdünger:

Ein Dünger gilt als Langzeitdünger, wenn er bei 25°C Bodentemperatur betreffend Nährstofffreisetzung die folgenden Kriterien einhält:

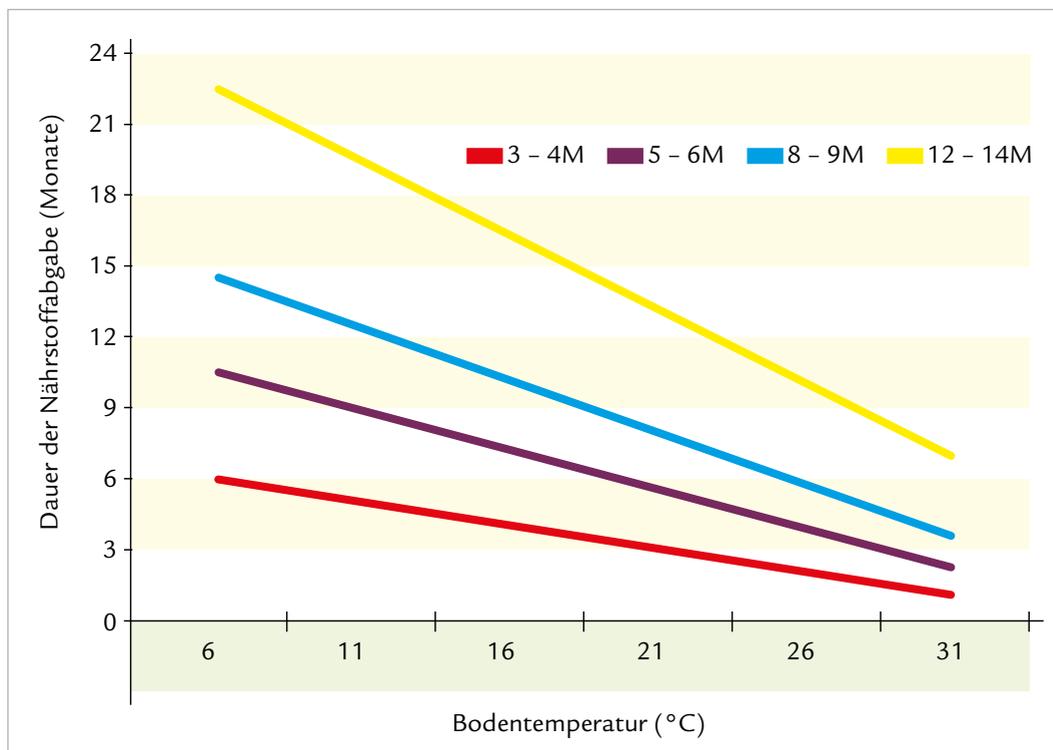
Zeitraum ab Ausbringung	Nährstofffreisetzung
24 Stunden	mind. 15%
28 Tage	max. 75%
für angegebene Wirkungsdauer	mind. 75%

Harzhülle Langzeitdünger (z. B. Hauert „Mega“-Linie)

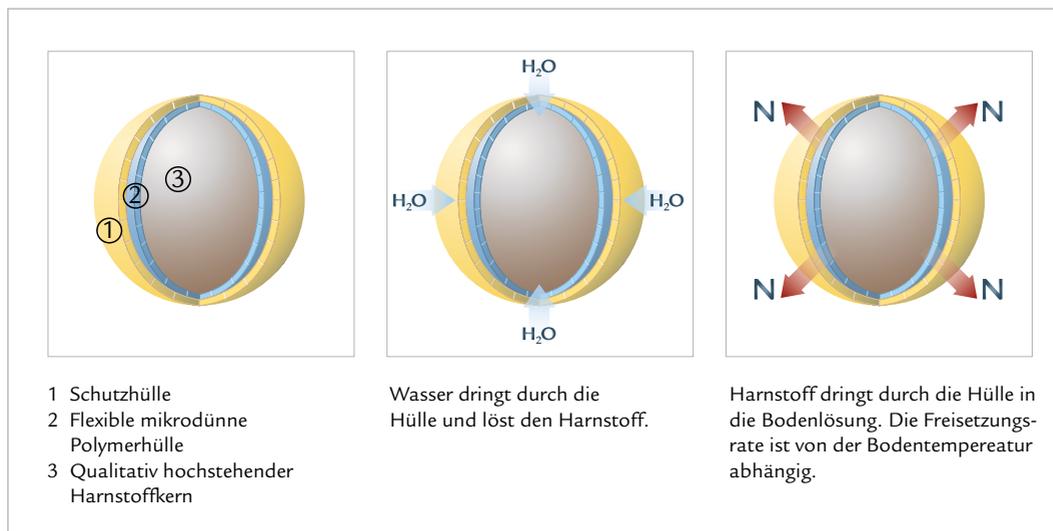


Laufzeit von harzumhüllten Langzeitdüngern (z. B. Hauert „Mega“-Linie)

Einfluss der Bodentemperatur



Polymerumhüllter Harnstoff



Die Wirkungsweise ist mit derjenigen von harzumhüllten Produkten vergleichbar. In Zierpflanzen-Substraten hingegen ist Harnstoff keine sichere Stickstoffquelle. Anwendung vorwiegend auf Rasen, in Freiland-Baumschulen und im Gemüsebau.

Schwefelummüllter Harnstoff

Der Harnstoffkern ist mit einer Schwefelhülle und zusätzlich mit einer Polymerhülle umgeben. Durch das langsame Auflösen der Hüllstoffe wird der Harnstoff mit Verzögerung an die Bodenlösung abgegeben. Verwendung vorwiegend als Rasendünger.

Harnstoffkondensate

Harnstoffkondensate sind Verbindungen von Harnstoff mit anderen organischen Komponenten. Sie sind zunächst nicht pflanzenverfügbar, sie sind also Langzeitdünger. Abhängig von der Bodentemperatur und Bodenfeuchte werden sie verzögert im Bodenwasser gelöst, anschliessend durch chemische (Hydrolyse) und biologische (Mikroorganismen) Vorgänge zu Harnstoff und danach zu den pflanzenverfügbaren Stickstoffformen (Ammonium und Nitrat) umgewandelt.

Die drei folgenden Typen sind von Bedeutung:

Methylenharnstoff (NRf, Ureaform)

Sie sind ein Gemisch mit unterschiedlicher Kettenlänge der Moleküle. Je nach Herkunft ergibt sich eine sehr unterschiedliche Wirkung.

Eine gängige erste Qualitätsbeurteilung erfolgt aufgrund der Löslichkeiten:

	Mischung verschieden langer Methylenharnstoff-Polymere (Ketten)		
Fraktionen	kaltwasserlöslich (Fraktion 1)	kaltwasserunlöslich heisswasserlöslich (Fraktion 2)	heisswasserunlöslich (Fraktion 3)
Eigenschaften	bei 25°C wasserlöslich, kurzkettig; rasch bis leicht verzögert wirkende Fraktion.	bei 100°C wasserlöslich, mittlere Kettenlänge; langsam wirkende Fraktion.	heisswasserunlöslich; sehr langsam oder nicht wirksame Fraktion.

Das Beispiel eines Rasendüngers:

5% N als Methylenharnstoff (total):

1,7% N als kaltwasserlöslichen Methylenharnstoff,

2,0% N als nur heisswasserlöslichen Methylenharnstoff,

2,3% N als heisswasserunlöslichen Methylenharnstoff (dieser Wert wird nicht deklariert).

Gemäss schweizerischer Gesetzgebung wird nur der Gesamt-Methylenharnstoff-N deklariert. Eine schlüssige Qualitätsbeurteilung kann nur durch praktische Feldversuche vorgenommen werden. In jeder Klimazone müssen separate Versuche durchgeführt werden. Methylenharnstoff wird vorwiegend in Rasen- und Baumschuldüngern eingesetzt. Dank seiner langsamen Wirkung ist er sehr pflanzenverträglich.



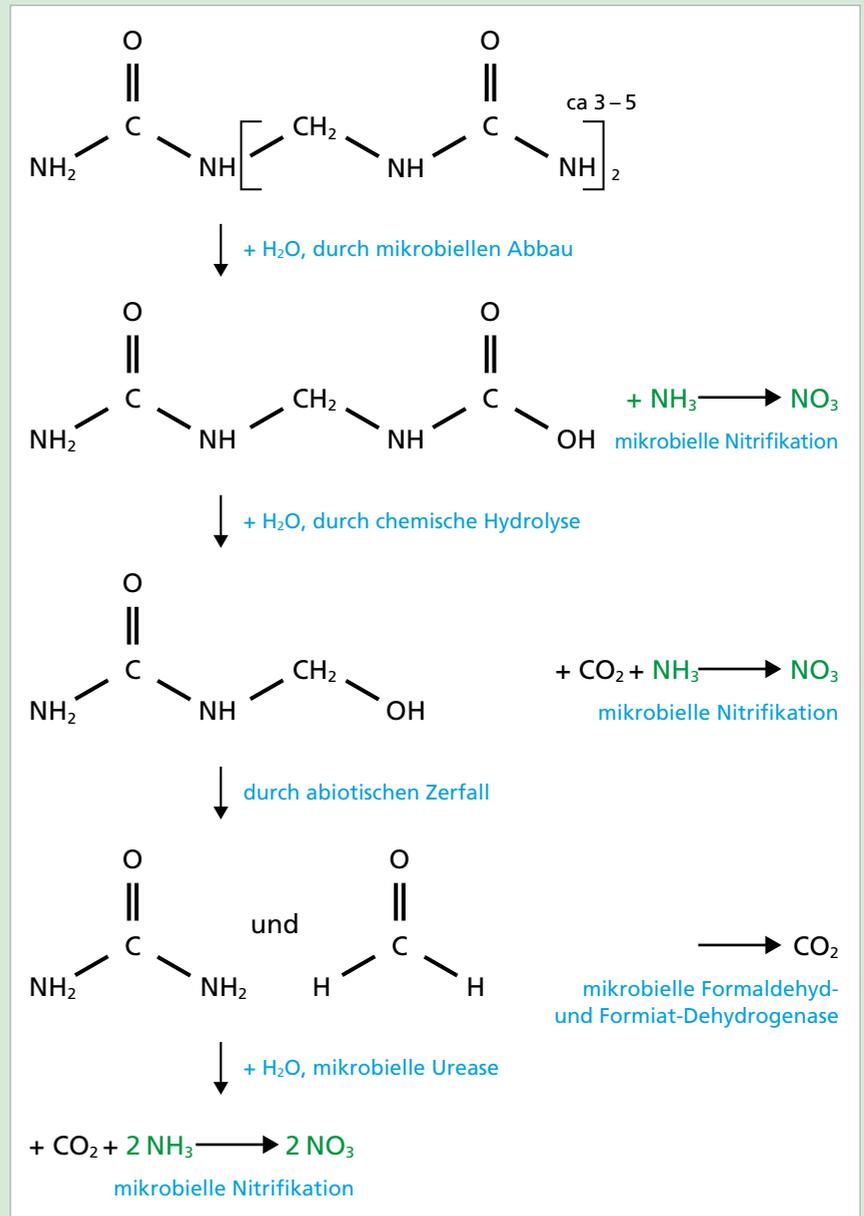
Unterschiedliche Kettenlängen: Zusammensetzung von Tardit MU

Die Methylenharnstoffe (Methylendiharnstoff, Dimethylentriharnstoff, Trimethylentetraharnstoff usw.) liegen in Tardit MU als kurz- und langkettige Moleküle in einem bestimmten, vorgegebenen Verhältnis vor.

Tardit MU wird durch mikrobielle Aktivität in pflanzenverfügbare Stickstoffverbindungen umgesetzt. Hierbei kommen zwei Gruppen von Bakterien zum Zug: Nitrosomonas und Nitrobacter. Diese wandeln Ammonium (NH_4^+) in für Pflanzen aufnehmbares Nitrat (NO_3^-) um. Der Prozess minimiert die Stickstoffverluste durch Auswaschung oder Ausgasung. Dadurch ist Tardit MU umweltfreundlich und wirtschaftlich zugleich. Tardit MU verursacht selbst bei hohen Aufwandmengen keine Wurzel- oder Blattschäden, da es keine salzaktiven Stoffe enthält. Es bleibt auch bei zu hohen und zu tiefen Temperaturen im Boden erhalten, da die Nitrifizierung weitgehend ausbleibt und das Nitrat nicht ausgewaschen wird.

Analog zur Aktivitätskurve der Mikroorganismen nimmt die Stickstofffreisetzung in einem Temperaturbereich von 5 bis maximal 32 °C zu. Darüber hinaus reduziert sich der Abbau. In der Vegetationspause der Wintermonate ruht die Umsetzung aufgrund der niedrigen Temperaturen. Stickstoff, der bis zum Winterbeginn nicht mineralisiert wurde, steht im darauffolgenden Frühjahr ohne Verluste zur Verfügung. Damit sich Methylenharnstoff kontinuierlich abbaut, benötigt er Kontakt zum feuchten Substrat oder Boden. Sobald die Feuchtigkeit das Korn durchdringt, beginnt der Abbauprozess. Versuche haben gezeigt, dass die Abbaugeschwindigkeit nicht signifikant von der Korngröße abhängt. Dies erklärt sich durch die im Verhältnis zur Abbau- und Mineralisierungsphase kurze Benetzungsdauer. Die chemische Struktur und die Benetzbarkeit müssen daher bestimmte Voraussetzungen erfüllen.

Schematische Darstellung des Abbaus von Methylenharnstoff im Boden.



Isobutylidendiharnstoff (IBDU, Nri)

Das Kondensat besteht aus einer einheitlichen Kettenlänge (verzweigtes Molekül). IBDU wird im Boden durch chemische Vorgänge aufgespalten. Die Langzeitwirkung hängt von der Mahlfeinheit und von den Bodenverhältnissen (Feuchte, Temperatur, pH) ab, bei tiefem pH-Wert des Bodens ist die Langzeitwirkung allerdings nur gering.

Crotonylidendiharnstoff (CDU, NRC)

Das Kondensat besteht aus einer einheitlichen Kettenlänge (Ringmolekül). CDU wird im Boden durch chemische und biologische Vorgänge abgebaut und von Mikroorganismen zu Ammonium und anschliessend zu Nitrat mineralisiert. Die Langzeitwirkung hängt von der Mahlfeinheit und von den Bodenverhältnissen (Feuchte, Temperatur, biologische Aktivität) ab. Bei tiefem pH-Wert des Bodens ist die Langzeitwirkung länger als bei IBDU.

Mineralische Düngerarten mit verzögerter Verfügbarkeit

Wirkung abhängig von:	Harz umhüllt (Typ Mega)	polymer-umhüllter Harnstoff	schwefel-umhüllter Harnstoff	Harnstoff-kondensate (Metylenharnstoff, IBDU, CDU)	Nitrifikations-hemmer
Bodentemperatur	ja	ja	ja	ja	ja
Bodenfeuchte	gering	gering	gering	ja	ja
pH-Wert	nein	gering	mittel	ja	ja
Bodenart	nein	nein	nein	ja	ja
biologische Aktivität	nein	gering	gering	ja	ja

Der Einfluss der Bodentemperatur auf die Nährstofffreisetzung geht in die gleiche Richtung wie der Bedarf der Pflanzen: Je wärmer der Boden, desto stärker wächst die Pflanze und desto höher ist ihr Nährstoffbedarf. Alle anderen Faktoren (Bodenfeuchte, pH-Wert, Bodenart) sollten die Nährstofffreisetzung möglichst wenig beeinflussen. Harz umhüllte Produkte sind somit die zuverlässigsten Langzeitdünger! Sie werden vorwiegend in der Zierpflanzenproduktion eingesetzt (Topfpflanzen und Container-Baumschulen).

Organische Langzeitdünger

Alle organischen Dünger (Handels- und Wirtschafts- bzw. Hofdünger) setzen den Stickstoff mit Verzögerung frei. Sie sind also natürliche Langzeitdünger.

Die Wirkungsgeschwindigkeit ist abhängig von:

- biologischer Aktivität des Bodens bzw. des Substrates,
- Bodentemperatur,
- Rohstoff (Hornmehl ist schneller als Kuhmist),
- Verarbeitung (z. B. hydrolisiertes Federmehl wirkt schneller als kompostierte Federn),
- Struktur; je feiner das Produkt, desto grösser ist die Produkteoberfläche, welche mit den Boden-Mikroorganismen in Kontakt kommt (Hornmehl schneller als Hornspäne; Mehl-Mischung schneller als Pellets).

Wasserlösliche mineralische Spezialdünger

Nährsalze sind voll wasserlösliche Dünger für die Flüssigdüngung im produzierenden Gartenbau und in landwirtschaftlichen Spezialkulturen. Qualitätsprodukte (z. B. „Hauert Ferty“) zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Stickstoff ist vorwiegend als Nitrat enthalten. Nitrat beeinflusst den pH-Wert nicht und ist die wirksamste Stickstoffform.
- Enthalten keine bzw. wenig Sulfate. Sulfat ist für die Pflanzenernährung nötig, ein Übermass erhöht in Substraten und Bodenkulturen im Unterglasanbau den Salzgehalt aber unnötigerweise.

Mit Nährsalzen werden Stammlösungen hergestellt (16–20 kg Nährsalz/100 l Wasser). Die Stammlösung wird dem Bewässerungswasser zudosiert.

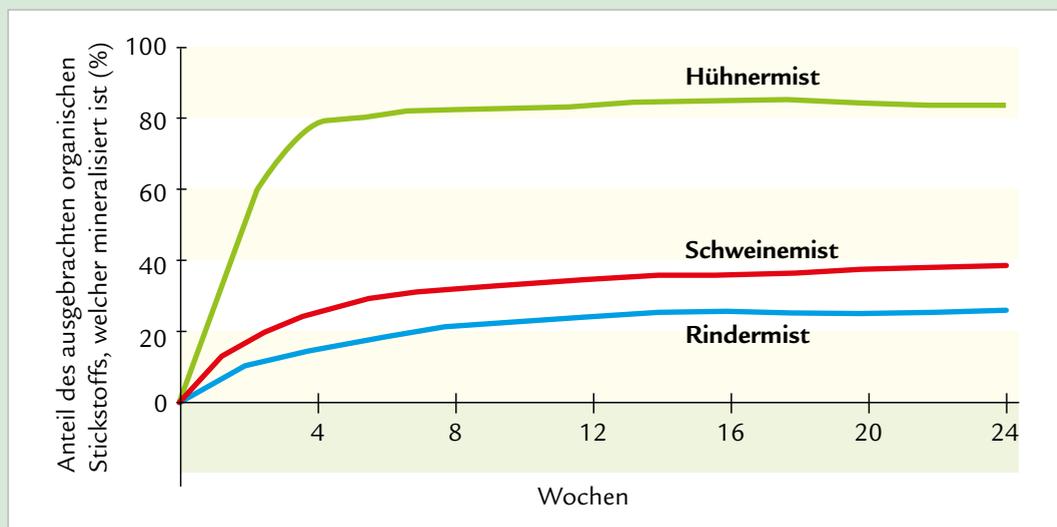
Flüssigdünger entsprechen im Prinzip einer Nährsalz-Stammlösung. Sie werden von kleineren Betrieben oder für Spezialanwendungen eingesetzt. Aus chemisch-technischen Gründen enthalten die meisten Flüssigdünger kein Magnesium. In Regionen mit weichem Leitungswasser muss der Magnesiumversorgung deshalb spezielle Beachtung geschenkt werden. Hartes Wasser hingegen enthält nebst Calcium auch Magnesium, womit der Bedarf der meisten Kulturen gedeckt werden kann.

Eigenschaften organischer Wirtschafts- und Hofdünger sowie von Reststoffen aus der Lebensmittelindustrie

Düngerart	Eigenschaften
Strohdünger	<ul style="list-style-type: none"> - Humusersatz, stabilisiert die Bodenstruktur, Erosionsschutz - geringe biologische Aktivität, Stickstoffsperre (siehe Kapitel 4) - Rücklieferung von Kali
Gründüngung	<ul style="list-style-type: none"> - Humuszufuhr und Tiefenlockerung (je nach Art der Gründüngung sehr unterschiedlich) - erhöht die biologische Aktivität, verringert Nährstoffauswaschung - N-Bindung (nur bei Leguminosen)
Festmist	<ul style="list-style-type: none"> - Humuszufuhr, höhere biologische Aktivität, ideal für humusarme „tote“ Böden - langsam fließende Stickstoffquelle - hohe Phosphor- und Kali-Zufuhr (Rindermist)
Hühnertrockenkot	<ul style="list-style-type: none"> - Humuszufuhr, erhöht die biologische Aktivität, insbesondere für humusarme „tote“ Böden - Stickstoffzufuhr, sehr hohe Phosphor- und hohe Calciumzufuhr
Gülle	<ul style="list-style-type: none"> - geringe Humuszufuhr, biologische Aktivität für wenig aktive Böden - vor allem Stickstoff- und Kali-Zufuhr (Rindergülle)
Hornmehl	<ul style="list-style-type: none"> - relativ schnell wirkender N-Dünger (2-3 Monate) - aus Hufen und Hörnern von Wiederkäuern; gedämpft bzw. hygienisiert
Hornspäne	<ul style="list-style-type: none"> - N-Langzeitdünger (3-5 Monate) - aus Hufen und Hörnern von Wiederkäuern
Federmehl	<ul style="list-style-type: none"> - mittelschnell bis schnell wirkender N-Dünger; in Handelsdüngern guter Mischungspartner - Hydrolisierung verbessert die Pflanzenverfügbarkeit
Fleischknochenmehl	<ul style="list-style-type: none"> - schnelle N-Wirkung, Ca-Phosphat muss jedoch erst umgesetzt werden
Gärs substrat	<ul style="list-style-type: none"> - wenig Humus, erhöht die biologische Aktivität in wenig aktiven Böden - relativ schnelle N-Wirkung, Kali- und Kalkzufuhr - in Handelsdüngern nur bedingt verwendbar (problematische Hygienisierung, geringe Nährstoffgehalte)
Komposte	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Humuszufuhr, geeignet für humusarme Böden - geringe N-Verfügbarkeit, hohe Phosphor- und Kalizufuhr (siehe auch Seite 56)
Klärschlamm	<ul style="list-style-type: none"> - Humuszufuhr, biologische Aktivität vorrangig für untätige Böden, langsame Stickstoffquelle - hohe P-Zufuhr (eingeschränkt verfügbar), Spurenelemente: Bor, Cu, Mn, vor allem Zn (Einsatz ist in der Schweiz aber zur Zeit verboten)
Malzkeimlinge	<ul style="list-style-type: none"> - Humuszufuhr, fördert biologische Aktivität, ideal für humusarme, „tote“ Böden - mittelschnell bis schnell wirkender N-Dünger - Enthält natürliche, pflanzliche Hormone, welche das Pflanzenwachstum positiv beeinflussen.
Rapskuchenmehl	<ul style="list-style-type: none"> - ideal für humusarme, „tote“ Böden - eher langsam wirkende Komponente für organische Handelsdünger
Vinasse	<ul style="list-style-type: none"> - schnelle Stickstoffwirkung - Für die Fertigation geeignet (Stickstoff und Kali). - Nebenprodukt der Zucker- bzw. Backhefeherstellung

Mischungen aus verschiedenen Reststoffen ergeben optimale Handelsdünger zur Ergänzung der Hofdünger auf Bio-Betrieben.

Wirkungsgeschwindigkeit von Hofdüngern

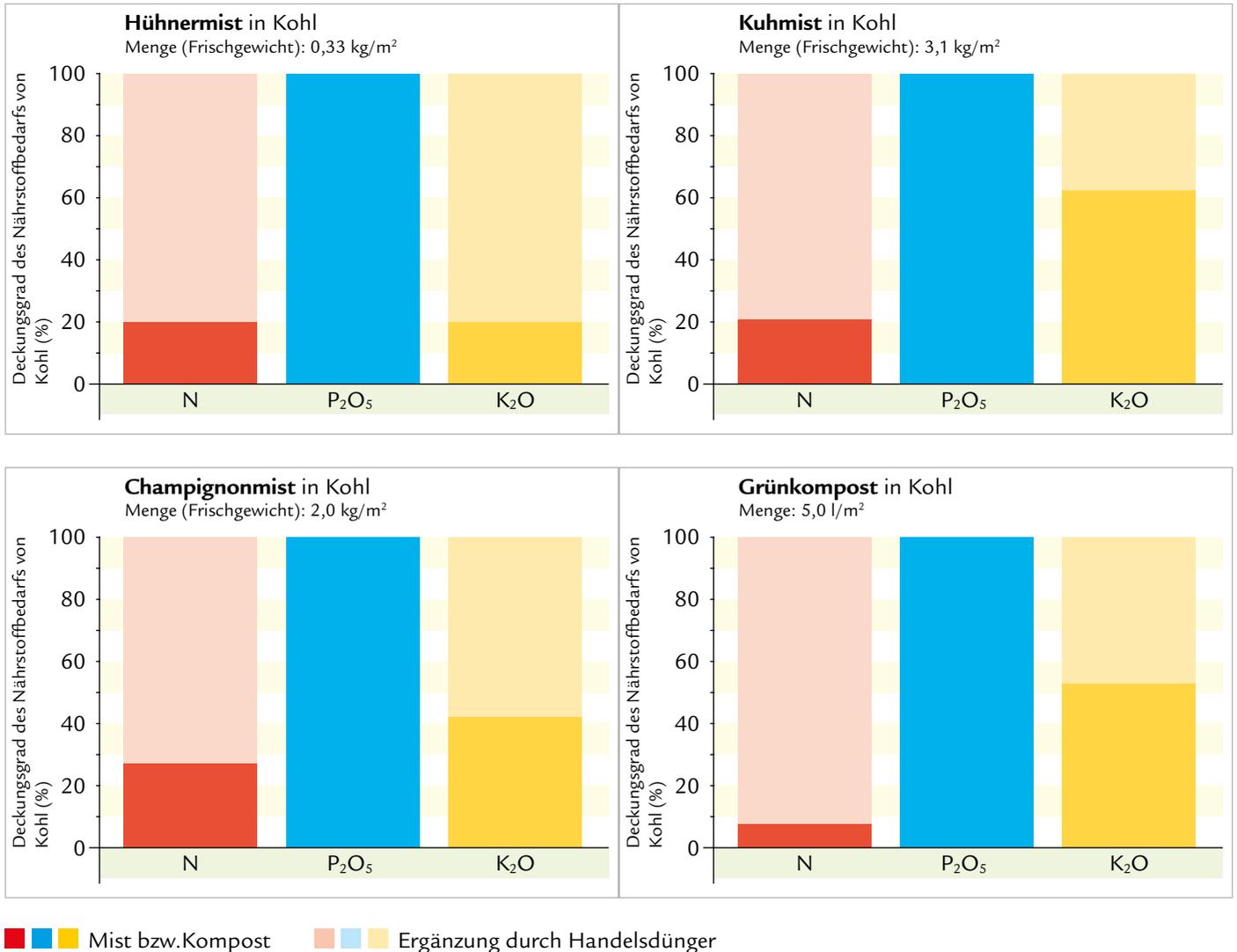


Die N-Mineralisierungsrate der Hofdünger-Arten variiert sehr stark. Die Mineralisierungsrate von organischen Stickstoff-Handelsdüngern liegt zwischen dem Hühner- und dem Schweinemist. Granulierte Formen wirken langsamer als Pulver, denn letztere haben eine grössere Oberfläche, auf welcher die Boden-Mikroorganismen den organischen N mineralisieren können.

Gehalte einiger organischer Wirtschafts- und Hofdünger

Dünger	Einheit	Reinnährstoffgehalt (kg/m ³ bzw. kg/t)					
		N pflanzenverfügbar	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Ca (CaO)	organische Substanz
Mist							
Kuhmist, verrottet; Stapelmist	t	1–2	3,2	6,6	0,8	3,7 (5,2)	150
Hühnermist aus Bodenhaltung	t	11–16	30	20	4,3	65 (92)	330
Pferdemist	t	0,7–1,8	5	19,5	1,3	5 (7)	240
Champignonmist	t	3	5	8	3	4 (5,6)	200
Kompost							
Gärtnereikompost (300 kg TS/m ³)	m ³	0,3	2,3	2,3	1,5	25 (35)	100
Grünkompost (Analyse verlangen!)	m ³	0,3	2	3,5	2	35 (49)	175

Die einzelnen Nährstoffe von Hof- und Abfalldüngern stehen immer im Missverhältnis zum Bedarf einer Kultur (100 %; bei normal versorgtem Boden). Eine optimale Nährstoffversorgung kann nur durch die Ergänzung mit einem Handelsdünger erzielt werden.



Mit Wirtschaftsdüngern (Mist oder Kompost) alleine kann nicht bedarfsgerecht gedüngt werden. Eine Ergänzung mit einem Handelsdünger ist deshalb notwendig!

Das Beispiel Kohl (stark zehrende Kultur *) zeigt, dass mit einer Wirtschaftdüngermenge, welche den Phosphorbedarf deckt, der Stickstoff- und Kalibedarf bei Weitem noch nicht gedeckt ist.

Dies sind Modellrechnungen. Die effektiv empfohlenen Wirtschaftsdüngermengen liegen teilweise tiefer.

*) Brutto-Nährstoffbedarf N/P₂O₅/K₂O (g/m²): 22/10/33

Granulierungen



Rundgranulate

In den Rundgranulaten sind die einzelnen Nährstoffe sehr homogen gemischt. Rundgranulate sind staubfrei und sehr gut streufähig. Bei mineralischen Düngern sind Rundgranulate Standard (z. B. „Hauert Granutec-Granulat“). Doch sind bei organischen und organisch-mineralischen Düngern nur die wenigsten Hersteller in der Lage, staubfreie Rundgranulate herzustellen (eine Ausnahme ist z. B. „Hauert Sphero-Granulat“)



Granulat-Mischdünger (Bulk Blending)

Ein Granulat-Mischdünger besteht aus verschiedenen, zusammengemischten Granulaten. Die einzelnen Granulate weisen einen unterschiedlichen Nährstoffgehalt auf. Da nicht immer jede Komponente gleich schwer ist, kann bei der Ausbringung mit Schleuder-Düngerstreuern eine Entmischung resultieren. Diese Dünger eignen sich gut für Kasten- und pneumatische Düngerstreuer.



Splittergranulate (Kompaktate)

Bei Düngern für den Gartenbau ist dies eine sehr verbreitete Granulierung. Jedes Granulat weist den gleichen Nährstoffgehalt auf. Eine gewisse Staubbildung kann auftreten.



Pellets

Pellets sind insbesondere bei vollorganischen Düngern ein sehr verbreitetes Granulierungsverfahren. Vereinzelt werden auch organisch-mineralische Dünger als Pellets angeboten. Grosse Streubreiten sind möglich. Gegenüber organischen Düngern in Form von Mehl oder Feingranulat ist der Stickstoff in Pellets langsamer wirksam. Denn der Dünger weist eine geringere Oberfläche auf, was die Mineralisierung durch die Boden-Mikroorganismen 20–30 % verlangsamt respektive die Wirkungsdauer verlängert.



Mehle

Mehle werden im Freiland wegen der starken Staubbildung kaum mehr angewendet. Sie sind deshalb nur für Substratdünger und Nährsalze eine geeignete Form; denn je feiner die Vermahlung von Nährsalzen ist, desto besser lösen sie sich in der Stammlösung.

Zur Erhöhung der Langzeitwirkung werden organischen Düngern in Mehlform oft Hornspäne zugesetzt.

Konkrete Düngungsempfehlungen erhalten Sie von:

- **Fachliteratur,**
- **Pflanzenzüchtern und Lieferanten von Jungpflanzen,**
- **Düngemittelfirmen (Ratgeber, Merkblätter, Homepage).**
- **Für landwirtschaftliche Kulturen, Gemüsebau, Obst-, Beeren- und Weinbau gelten die Düngungsrichtlinien der staatlichen Forschungsanstalten (Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (GRUD) von Agroscope).**

Bei jeder Kultur bzw. Kulturgruppe sind einzelne Aspekte der Nährstoffversorgung speziell zu berücksichtigen. Die wichtigsten Aspekte sind darum in diesem Kapitel zusammengefasst.

Düngung im produzierenden Gartenbau (Topfpflanzen)

In der Zierpflanzenproduktion kommt der richtigen Nährstoffversorgung grosse Bedeutung zu. Unter- oder Überversorgung können in den engen Verhältnissen im Topf rasch zu Wachstumsproblemen und schlechter Blüte führen. **Die Düngung von Pflanzen in Töpfen oder Containern ist deshalb wesentlich anspruchsvoller als die Düngung von Kulturen in gewachsenem Boden!**

Wird im Zierpflanzenbau das Substrat nicht schon zu Beginn vollständig bevorratet, muss im Laufe der Kulturzeit flüssig nachgedüngt werden.

Die meisten Topfpflanzenkulturen sind salzempfindlich, ganz speziell die Jungpflanzen. Die folgende Düngungsstrategie bewährt sich am besten:

- **Ausgleichen der Nährstoffversorgung mit wasserlöslichen Düngern auf dem Niveau der Grundversorgung (Erhaltungsniveau).**
- **Teilbevorratung mit einem umhüllten Langzeitdünger zum Zeitpunkt der Topfung und Ergänzung mit Flüssigdüngung (Nährsalze, Flüssigdünger).**

Kurz nach dem Umtopfen sind die Wurzeln für eine effiziente Phosphataufnahme noch zu wenig entwickelt. Ein Nährsalz mit hohem P-Anteil fördert hier den Wachstumsstart. Da der Kunde der Pflanzenernährung häufig nicht die notwendige Beachtung schenkt, müssen die Pflanzen bei der Auslieferung einen genügenden Nährstoffvorrat aufweisen (Flüssigdüngung bis zur Auslieferung oder bereits bei der Bevorratung einen Langzeitdünger mit einer etwas längeren Laufzeit einsetzen, als die reine Kulturzeit in der Gärtnerei dauert).

Detaillierte Düngungsempfehlungen finden Sie unter www.hauert.com oder www.hauert-manna.com

In einzelnen Kulturstadien sind gewisse Nährstoffe von besonderer Bedeutung:

Stadium	Art der Düngung	Nährsalz-Beispiel
Vegetative Phase	Ausgeglichen	Ferty 3 Mega 18+12+18
Bei der Blüteninduktion	P-betont	Plantaktiv Starter 151, evtl. auch Ferty 4 Mega 10+20+30
Blüte/Nachblüte	Ausgeglichen bis NK-betont	Ferty 3 Mega 18+12+18 Ferty 4 Mega 10+20+30 Ferty 2 Mega 16+6+26 Ferty 8 Mega 18+0+22

Selbstverständlich müssen auch bei der Nachdüngung alle Nährstoffe gedüngt werden. Die Berechnung des Nährstoffbedarfs der gesamten Kulturzeit kann sich auf den Stickstoff als Leitnährstoff konzentrieren.

Werden „stadiengerechte“ Nährsalze verwendet (siehe Tabelle oben), so werden der Kultur die übrigen Nährstoffe „automatisch“ in genügender Menge zugeführt.

Stickstoffbedarf wichtiger Topfpflanzen

Pflanzenart	Pflanzengrösse	mg Stickstoff je Pflanze
Primula vulgaris		200 – 250
Saintpaulien	kleine Sorte	50 – 80
	grosse Sorte	100 – 200
Topf-Chrysanthenen	kleine Pflanzen	200 – 300
	mittlere Pflanzen	300 – 400
	grosse Pflanzen	400 – 500
Cyclamen	Mini	150 – 250
	Normalpflanzen	450 – 600
	Grosspflanzen	700 – 800
Elatior-Begonien	Kleine Pflanzen	200 – 300
	Grosse Pflanzen	400 – 600
Pelargonien	Kleine Pflanzen	300 – 400
	Sämling oder mittlere Pflanzen	400 – 500
	Grosse Pflanzen	500 – 700
Poinsettien	Kleine Eintreiber	200
	Kleine Mehrtreiber	400 – 500
	Grosse Mehrtreiber	600 – 700
	Sehr grosse Mehrtreiber	800 – 1000
	Stämmchen	3000 – 5000
Impatiens Neu-Guinea	mittlere Sorten	300 – 400
Viola		150 – 200



Wissenswertes zur Anwendung von Nährsalzen

- Stammlösungen. Sie sind eine konzentrierte Mischung von Nährsalz mit Wasser.
- Beim Lösen von Nährsalzen in Wasser wird dem Wasser Wärme entzogen. Damit die Nährsalze rasch vollständig gelöst werden, muss die Ausgangstemperatur des Wassers berücksichtigt werden. In Leitungswasser von 15 °C sind 16 kg und in warmem Wasser von 45 °C sind 20 kg Nährsalz pro 100 Liter Wasser rasch löslich.
- Nährsalze müssen durch zügiges Rühren sofort in Lösung gebracht werden. Nährsalz, das sich am Fassboden sammelt, geht nicht mehr in Lösung, es bildet sich eine gesättigte Zone über dem Salz. Dies kann nur durch ständiges Umrühren vom Fassboden aus verhindert werden (z. B. mit einer Bohrmaschine mit Flügelrührern).
- Werden der Stammlösung spezielle Spurenelemente zugegeben, muss mit heissem Wasser eine Vorlösung der Spurenelemente hergestellt werden.
- Trotz sorgfältigem Aufbereiten der Stammlösung bildet sich mit der Zeit ein Bodensatz. Der Ansaugschlauch der Pumpe muss deshalb 6 bis 8 cm über dem Fassboden positioniert werden. Das Fass ist ab und zu auszuspülen.

Wichtiger Hinweis

Flüssigdüngung mit Calciumnitrat (Kalksalpeter)

In der Stammlösung darf Calciumnitrat nicht mit sulfat- oder mit phosphathaltigen Komponenten gemischt werden (es würde zu Ausfällungen von Calciumsulfat bzw. Calciumphosphat kommen). Mischungen mit „Hauert Amonit“, „Hauert Magnit“ oder „Hauert Potanit“ sind jedoch möglich.

Flüssigdüngung mit Kalisulfat (Hauert Kalin)

Kalisulfat ist relativ schlecht wasserlöslich (in Wasser bei 20 °C max. 10%). In Mischungen wird die Löslichkeit von „Hauert Kalin“ noch etwas reduziert: Immer zuerst „Hauert Kalin“ zugeben und vollständig lösen, erst danach die anderen Nährsalze zugeben.

Salzverträglichkeit von Zierpflanzen

Salzverträglichkeit	Kulturen	Optimalbereiche			
		EC-Wert in Substrat ¹⁾	EC-Wert in Giesswasser ²⁾	Karbonathärte französische Härtegrade (°fH)	Karbonathärte deutsche Härtegrade (°dH)
Sehr empfindlich	Orchideen Farne Bromelien Aussaaten Vermehrungen von: Azaleen Eriken Callunen	0,4 – 0,6	0,5 – 1,0	< 11	< 6
empfindlich	Azaleen Eriken Araceen Jungpflanzen (generell)	0,6 – 0,8	1,0 – 1,5	< 15	< 8
weniger empfindlich	Begonien Cyclamen Freesien Gerbera Rosen Poinsettien	0,8 – 1,2	1,5 – 2,0	< 25	< 14
verträglich	Chrysanthemen Pelargonien	1,3 – 1,8	2,0 – 2,5	< 25	< 14

¹⁾ Messung des EC-Wertes in Substrat bzw. Erde: siehe „Schnellmethoden für Boden-Messungen“ Seite 80. Liegen die Messergebnisse unter diesen Werten, muss häufiger oder mit einer höheren Konzentration nachgedüngt werden. Liegen die Werte darüber, ist die Nachdüngung vorübergehend zu drosseln.

²⁾ Der EC-Wert ist für eine Nährlösung mit weichem Wasser angegeben (Regenwasser). Bei Nährlösungen mit härterem Wasser muss der EC des Rohwassers dazu addiert werden. Den Einfluss der Nährsalze auf den EC-Wert des Giesswassers können Sie den Tabellen der Nährsalzanbieter entnehmen.



Blaufärbung von Hortensien

Damit eine rosa Hortensie blaue Blüten bildet, muss sie bereits vor Blühbeginn eine grosse Menge Aluminium aufnehmen.

Vorgehen in der Vorkultur:

- pH-Wert des Substrates: 4,5 – 4,8 (pH in CaCl₂ 4,0 – 4,3). Torfsubstrat statt mit Kalk mit Tonmineral (z. B. Bentonit) stabilisieren.
- 3,5 kg Aluminiumsulfat/m³ beimischen.
- Aufdüngung mit nitratbetontem Produkt mit tiefem P-Gehalt. P₂O₅-Gehalt des aufgedüngten Substrates max. 150 mg/l (Ammonium und Phosphat hemmen Aluminiumaufnahme).

Während der Treiberei:

Zu Beginn 4 – 6 Anwendungen mit total 1,5 – 2 g Aluminiumsulfat/l Substrat. Aluminiumsulfat nicht zusammen mit der Düngerlösung ausbringen.

Anwendungsbeispiel Topfpflanzen:

14er Topf (ca. 1 Liter Inhalt)
6 mal 100 ml einer 0,3% Aluminiumsulfat-Lösung wöchentlich während den ersten 6 Wochen der Treiberei giessen.

Anwendungsbeispiel ausgepflanzte Hortensien:

Voraussetzung: Boden (Moorbeet) mit pH-Wert 4,5 – 4,8 (pH in CaCl₂ 4,0 – 4,3).

Nach der Blüte, zur Knospenbildung im Herbst: 3 – 4 mal Aluminiumsulfatlösung giessen (0,2%; 4 l/m²).

Im Frühjahr, vor dem Austreiben: 3 – 4 mal Aluminiumsulfatlösung giessen (0,2%; 4 l/m²).

Kräuter (in Töpfen)

- Der Markt fordert heute vermehrt Kräuterjungpflanzen in Bioqualität:
- Nur Substrate mit vollständig verrottetem Kompost verwenden.
- Teilbevorratung mit organischem Stickstoffdünger (z. B. Biorga Quick) und auf ausreichende Phosphorversorgung achten.
- Nachdüngung mit einem organischen NK-Flüssigdünger.
- Abschlussdüngung (kurz vor Auslieferung) mit einem organischen Düngergranulat mit Langzeitwirkung.

Profi-Tipp

Der Abschlussdünger darf keine unangenehmen Gerüche verbreiten. Biorga Vegi besteht ausschliesslich aus pflanzlichen Rohstoffen und riecht sehr angenehm.

Düngung in Container-Baumschulen und Staudengärtnereien

Die Ansprüche an die Düngung sind in der Containerbaumschule anders als bei einer Freilandpflanzung. Das beschränkte Wurzelvolumen erfordert spezielle Massnahmen:

- Es ist notwendig, dass Nährstoffe über eine lange Periode regelmässig „fliessen“. Bereits eine kurzfristige Unter- oder Überversorgung mit Nährstoffen ergibt ein qualitativ schlechtes Endprodukt.
 - Dünger darf keine Ballaststoffe enthalten (Versalzungsgefahr).
 - Der Nährstoffauswaschung muss entgegengewirkt werden (Bevorratung mit umhüllten Langzeitdüngern, Nachdüngung mit Langzeit-Aufstreu düngern).
- Die folgenden Varianten eignen sich:**
- Vollbevorratung mit einem vollumhüllten Langzeitdünger. Arbeitstechnische Gründe sprechen für diese Variante. Die Vollbevorratung erfordert ein Produkt höchster Zuverlässigkeit.
 - Teilbevorratung mit umhülltem Langzeitdünger und Ergänzung durch einen Aufstreu dünger (z.B. „Hauert Tardit Top“ oder „Hauert Hortobalance Top“; verklebt schnell und geht auch bei umgekippten Containern nicht verloren). Die Teilbevorratung ermöglicht eine Anpassung der Düngung an das Pflanzenwachstum (Wetter, Sorten).
 - Fertigation mit Nährsalzen (Gewässerschutzvorschriften bzw. Verbote beachten).



- Umhüllte Langzeitdünger müssen möglichst schonend mit dem Substrat vermischt werden. Verletzte oder zerschlagene Granulate verlieren ihre Langzeitwirkung bzw. führen zu einem hohen Salzgehalt.
 - Mit Langzeitdünger versorgte Substrate dürfen nicht erhitzt (nicht gedämpft) werden.
 - Mit umhüllten Langzeitdüngern aufgedüngte Substrate müssen verbraucht werden, bevor sich die Mieten oder Big Bags erwärmen (eine Erwärmung an der Miete setzt die Nährstoffe frei, es entsteht ein zu hoher Salzgehalt beim Topfen und eine Verkürzung der Wirkungsdauer), sonst können die Granulate ihre Funktionsfähigkeit verlieren.
 - Zur Verhinderung von Nährstoffblockaden sind nur Substrate mit vollständig verrottetem Material (Grüngut, Rinden) zu verwenden.
 - Substrate mit nur angerottetem Kompost sind besonders erwärmungsanfällig.
- Detaillierte Düngungsempfehlungen finden Sie unter www.hauert.com oder www.hauert-manna.com**

Nährstoffbedarf von Baumschulgehölzen in Containern

Aufwandmenge (Bevorratung mit umhüllten Langzeitdüngern; kg/m ³ bzw. g/l)	Nährstoffbedarf			Aufwandmenge (Bevorratung mit umhüllten Langzeitdüngern; kg/m ³ bzw. g/l)	Nährstoffbedarf		
	gering 2 - 3	mittel 3 - 4	hoch 4 - 5		gering 2 - 3	mittel 3 - 4	hoch 4 - 5
Abies nordmanniana	x			Juniperus squam. „Meyeri“		x	
Acer saccharinum		x		Kerria japonica			x
Amelanchier canadensis		x		Kolkwitzia amabilis		x	
Amelanchier laevis		x		Ligustrum ovalifolium			x
Berberis canadensis		x		Lonicera pileata		x	
Berberis thunbergii		x		Mahonia aquifolium		x	
Buxus sempervirens		x		Malus-Hybriden		x	
Callicarpa bodinieri		x		Pachysandra terminalis	x		
Cedrus deodara		x		Pinus cembra	x		
Chamaecyparis law. „Alumji“			x	Pinus mugo mughus	x		
Chamaecyparis lawsoniana			x	Pinus nigra austriaca		x	
Cytisus scoparius		x		Pinus wallichiana	x		
Deutzia gracilis		x		Potentilla fruticosa	x		
Deutzia rosea		x		Prunus cerasifera	x		
dito schwachw. Sorten	x			Pyracantha coccinea		x	
Euonymus alatus		x		Rhododendron repens	x		
Euonymus fortunei vegetus		x		Ribes sanguineum	x		
Exochorda racemosa		x		Salix repens	x		
Forsythia x intermedia			x	Skimmia japonica	x		
Genista tinctoria		x		Spiraea bumalda		x	
Hibiscus syriacus		x		Spiraea japonica		x	
Hydrangeau paniculata			x	Taxus baccata		x	
Hypericum calycinum		x		Thuja occidentalis		x	
Hypericum patulum		x		Viburnum burkwoodii		x	
Ilex aquifolium			x	Viburnum plicatum		x	
Juniperus chinensis			x	Viburnum rhytidophyllum			x
Juniperus com. „Hibernica“		x		Weigelia-Hybriden			x

Zu beachten sind in erster Linie die Züchterempfehlungen!

Punktdüngung

- Die Düngermenge wird bei der Topfung mit einem entsprechenden Dosiergerät in den mittleren Bereich des Topfes eingebracht. Für die Punktdüngung eignen sich nur vollumhüllte Langzeitdünger höchster Qualität (z.B. Hauert „Mega“-Linie). Düngerart und Düngermenge können durch die Punktdüngung auf einfachste Weise den Bedürfnissen der Kultur angepasst werden.
- Bei der Punktdüngung wurzelnackter Ware sollten die Wurzeln nicht unmittelbar mit dem Düngerdepot in Kontakt kommen.

Die Vorteile

- Unkraut- und Lebermoos-Bewuchs auf der Containeroberfläche werden deutlich reduziert.
- Weniger Auswaschung.
- Keine Beeinträchtigung der Düngerwirkung bei der Lagerung von Substraten (Erwärmung, Funktionsverlust der Umhüllung, Stickstofffixierung usw.).
- Die Menge der Bevorratung und der Düngertyp (Laufzeit) können flexibel angepasst werden.

Einige Kulturen können empfindlich auf eine Punktdüngung reagieren (eingeschränktes Wurzelwachstum). Beispiele: Rhododendron, Azalea, Erica, Skimmia.





Reduktion der Düngermenge zur Bevorratung bei grossen Containern

Weil bei zunehmender Containergrösse das Auswaschungsrisiko geringer ist (Sickerweg nimmt zu) und das Ausbreitungsvolumen der Wurzeln im Verhältnis zum Pflanzenzuwachs grösser ist (Volumen zu Fläche), kann bei zunehmender Containergrösse die Düngermenge pro Liter Substrat etwas reduziert werden. Für einen mittleren Nährstoffbedarf gibt die nachfolgende Tabelle Richtwerte an.

Topfinhalt (Liter)	Topfdurchmesser (cm)	Bevorratung mit umhülltem Langzeitdünger (mittlerer Bedarf)
10 – 15	25 – 30	3,5 g/Liter
15 – 20	30 – 34	3,0 g/Liter
20 – 25	34 – 37	2,5 g/Liter
25 – 50	35 – 46	2,3 g/Liter
über 50 Liter	über 46	2,0 g/Liter

So vermeiden Sie Sickerwasser und Nährstoffauswaschung in Containerbaumschulen

Auf einer durchschnittlich besetzten Containerstellfläche im Freiland beträgt die Sickerwassermenge im Durchschnitt ungefähr 50 Prozent der Niederschlagsmenge (inkl. Bewässerung). Ein erhöhtes Risiko für austretendes Sickerwasser und die damit verbundenen Nährstoffverluste besteht im Sommer bei starken Niederschlägen und vor allem im Herbst und Winter, wenn die Containererde wassergesättigt ist. Besonders auswaschgefährdet ist Stickstoff (Nitrat), Kali und Magnesium. In Torfsubstraten mit gutem Nährstoffniveau kann bereits bei 10 mm Sickerwasser rund die Hälfte dieser Nährstoffe ausgewaschen werden.

Ist das Nährstoffniveau einmal unter die Grundversorgung abgesunken, kann der Nährstoffbedarf während der Hauptwachstumsphase im Mai bis Juli nur schwer durch Nachlieferung gedeckt werden.

Massnahmen zur Reduktion der Nährstoffauswaschung

- Substrat mit hohem Wasserrückhaltevermögen verwenden.
- Grundversorgung mit wasserlöslichen Nährstoffen nicht höher als Norm (Auswaschungsgefahr für Anionen, Seite 21).
- In Null-Erden mit der Hauer „Mega“-Linie (harzumhüllte Langzeitdünger) die Grund- und Langzeitversorgung sicherstellen.
- Die Laufzeit von umhüllten Langzeitdüngern (Hauer „Mega“-Linie) so wählen, dass sie die Kulturdauer mindestens abdeckt oder sogar noch etwas übertrifft.
- Die Effizienz der Vollbevorratung mit umhülltem Langzeitdünger (Hauer „Mega“-Linie) ist bei der Anwendung als Punktdüngung am grössten.
- Sickerwasser vermeiden: Container nach Grösse so gruppieren, dass sie bedarfsgerecht bewässert werden können. Bei der Bewässerung darf kein Sickerwasser austreten.

Freiland-Baumschulen und Christbaumkulturen

Für einen ausgeglichenen Nährstoff- und Wasserhaushalt sind unbewachsene, möglichst krümelige (oberflächlich bearbeitete) Baumstreifen sehr wichtig.

Für eine regelmässige Nährstoffversorgung ohne Stosswachstum wird mit Vorteil ein Langzeit-Stickstoffdünger eingesetzt. Die übrigen Nährstoffe müssen nicht in umhüllter Form gedüngt werden (gewachsener Boden). Hauer Christbaumdünger versorgt auch Freilandbaumschulen optimal mit Nährstoffen.

Bei normal versorgten Böden erweist sich ein Nährstoffverhältnis (N : P : K : Mg) von 3 : 1 : 3 : 0,5 für Freiland-Baumschulpflanzungen als günstig. Dabei wird nur der Wurzelbereich der Bäume gedüngt. Der Wurzelbereich entspricht dem Grundriss der darüberliegenden Baumkrone.

Für die Ermittlung der genauen Düngermenge empfehlen wir, vor der Verschulung eine Bodenanalyse durchzuführen.

Stickstoffbedarf von Freiland-Baumschulen (kg N/ha)

Standjahr ^{*)}	Nadelgehölze		Laubgehölze ^{**)}		
	Picea (Fichten)	Abies (Weisstannen)	gering	mittel	hoch
1. – 2.	15 – 20	25 – 40	25 – 30	30 – 45	40 – 60
3. – 5.	20 – 40	40 – 60	40 – 60	50 – 80	80 – 100
ab 6.	40 – 60	60 – 80	60 – 80	80 – 100	100 – 140

^{*)} Im Pflanzjahr keinen Stickstoff düngen, aber P-K-Mg Grundversorgung vornehmen.

**) Beispiele des Stickstoffbedarfes von Laubgehölzen

gering	mittel	hoch
Acer palmatum	Acer	Aesculus
Alnus	Berberis	Amelanchier
Betula nana	Betula	Carpinus betulus
Cornus alba	Corylus avellana	Cornus mas
Daphne	Crataegus	Fagus sylvatica
Genista	Deutzia scabra	Fraxinus
Hippophae	Elaeagnus	Juglans
Lonicera	Forsythia	Ligustrum
Potentilla	Ilex	Malus
Viburnum	Philadelphus	Platanus
Abies	Populus	Sambucus
Juniperus	Prunus	Sorbus
Pinus mugo	Ribes	Tilia
Taxodium	Robinia	Ulmus
Tsuga	Pyrus	
	Rosa	
	Salix	
	Symphoricarpus	
	Chamaecyparis	
	Ginko biloba	
	Larix	
	Picea	
	Pinus	
	Pseudotsuga	
	Taxus	
	Thuja	

In vielen Gebieten liegt der pH-Wert über dem Optimum. Deshalb ist der Spurenelement-Versorgung grosse Beachtung zu schenken (siehe „Nährstoffmangel und dessen Korrektur“ Seite 34 ff.).



Düngung im Ziergarten

Unter den folgenden Bedingungen ist die Düngung viel anspruchsvoller als bei Pflanzen im freien Raum. In all diesen Fällen ist die Verwendung eines organischen oder umhüllten Langzeitdüngers empfehlenswert.

■ **Neupflanzungen:** Schaffung einer guten Bodenstruktur im Wurzelraum, z. B. durch Einarbeiten von porösen mineralischen oder fasrigen Komponenten. Kompost höchstens in einem Volumenverhältnis von 1 Teil Kompost zu 10 Teilen Erde einsetzen. Erfahrungsgemäss kommt es nicht selten zu stark überhöhten Salzgehalten, wenn höhere

Mengen eingesetzt werden. Organisches Frischmaterial, aber auch Mist, ist nicht geeignet.

Düngung: Pro 10 Liter Auffüllerde können 3 – 4 g umhüllter Langzeitdünger oder Hornspäne ins Pflanzloch gegeben werden.

■ **Pflanzen in Kübeln, Töpfen, Trögen und auf Dachgärten**

■ **Stark geschnittene Sträucher und Bäume** (Formhecken, Alleebäume)

■ **Pflanzen auf schlechtem Standort** (Bäume in Kieskoffern)



Überwinterung von mediterranen Pflanzen

Im Winterquartier ist der Nährstoffbedarf sehr gering. Das Substrat muss während der ganzen Überwinterung feucht (aber nicht nass) gehalten werden. Sollten die Blätter trotz genügend Licht gelb werden, handelt es sich um Stickstoff- und/oder Magnesiummangel.

Behebung: mehrmals mit 0,1 % „Hauert Magnit“ (flüssiges Magnesiumnitrat) giessen.

Blumenrabatten mit einer dicken Schicht Oberboden versehen (Humus, aber nicht Kompost). Gut strukturierter Oberboden speichert Nährstoffe und Wasser in pflanzenverfügbarer Form.

Bei Sträuchern und Bäumen ist die Magnesiumversorgung speziell zu beachten.

Düngung von Rasenflächen

Der Nährstoffbedarf hängt von den folgenden Faktoren ab:

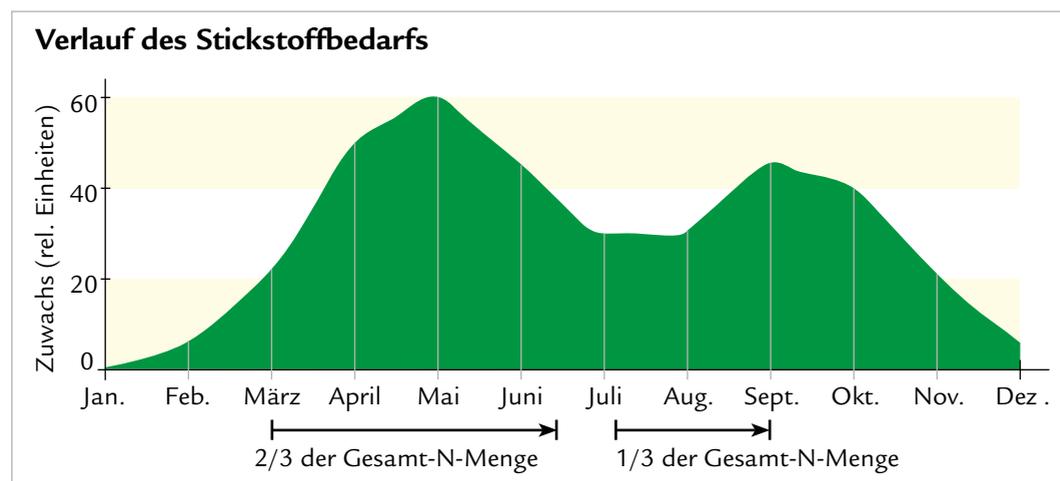
- Nutzungsart: je häufiger, desto mehr.
- Bodenaufbau: Sandaufbau braucht mehr, als konventioneller Aufbau.
- Organische Substanz/Farbe: humusarm mehr als humusreich.
- Belastung: je mehr Spielstunden pro Saison, desto höher ist der Nährstoffbedarf.
- Schnittgutabraum: die mit dem Schnittgut abgeführten Nährstoffe müssen ersetzt werden.
- Hoher Unkrautbesatz ist ein Zeiger dafür, dass mehr gedüngt werden muss.
- Alter der Anlage: eine neue Anlage braucht mehr Nährstoffe als eine etablierte.

Die Stickstoffdüngung ist bei der Rasendüngung, stärker als bei allen anderen Gartenbaukulturen, das zentrale „Steuerelement“. Der Stickstoffbedarf einer Rasenfläche wird anhand verschiedener Standort- und Nutzungsfaktoren eingestuft (siehe Einstufungsschema Seite 90).

Der Bedarf von P, K und Mg ist an den Stickstoffbedarf der Anlage gekoppelt. Das Nährstoffverhältnis N:P:K:Mg der Düngung bei normal versorgtem Boden beträgt 1:0,3:0,6:0,1.

Nährstoffbedarf von Rasenflächen (g/m² Jahr)

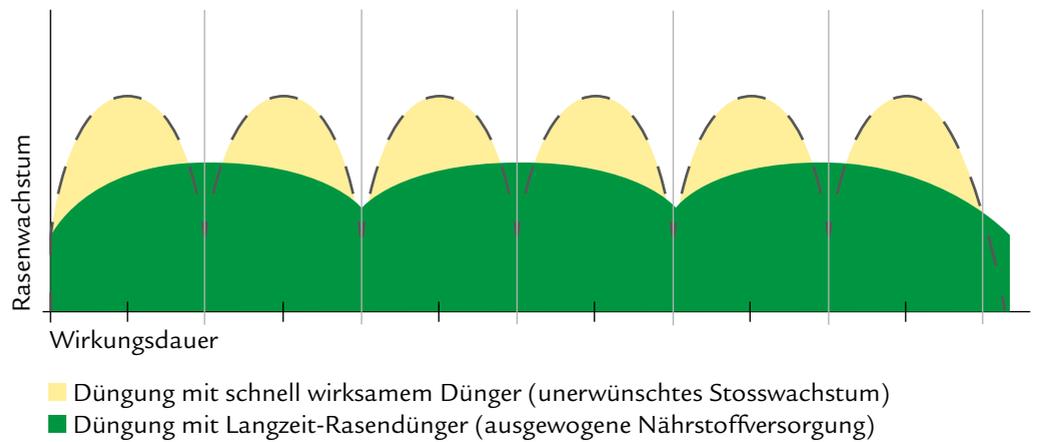
Rasentyp	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Intensivrasen (Greens)	30 – 35	9 – 10	16 – 18
Sportrasen	25 – 30	7 – 9	12 – 16
Gebrauchsrasen (Haus- und Spielrasen)	20 – 25	5 – 6	6 – 12
Extensiv genutzter Rasen	10 – 12	2 – 4	5 – 8



Rasengräser brauchen nicht zu jeder Zeit gleich viel Stickstoff. Ein Rasendüngungs-Planungsprogramm finden Sie unter www.hauert.com



Wirkungsvergleich schnell wirksamer Rasendünger/Langzeit-Rasendünger



Neuanlagen und Regenerationen

Für ein zügiges Jugendwachstum der auflaufenden Rasengräser muss neben der Stickstoff- auch der Phosphor- und Kalidüngung grosse Beachtung geschenkt werden. Die speziellen Herbst- und Saat-Rasendünger sind besonders geeignet („Hauert Progress Finish“). Bei Neuanlagen wird 150 – 300 g/m² eines kalibetonten Volldüngers („Geistlich Expert Saat“ oder „Cornufera® Saat“) 3 – 4 cm tief ins Bodenplanum eingefräst. Damit wird eine gute

Verteilung erreicht. Das Einmischen in eine Rasentragschicht stellt dagegen ausgesprochen hohe Anforderungen an das Homogenisierungsverfahren. Solche Tragschichten werden von spezialisierten Erdenwerken hergestellt. Die Aufdüngung kann dann mit 2 – 3 kg/m³ der erwähnten Dünger erfolgen. Zur Verbesserung der Wasserführungseigenschaften kann ausserdem Cornusol zugemischt werden.

Dem Moos vorbeugen

Wenn die Standortbedingungen für Rasengräser ungünstig sind, treten Moos und Kräuter an ihre Stelle. Rasengräser leiden hauptsächlich unter den folgenden Faktoren:



Faktor	Behebung
zu wenig Nährstoffe	Dünger Menge, evtl. Anzahl Düngungen erhöhen
verdichteter Oberboden und zeitweise Oberflächenvernässung	Aerifizieren und danach sanden
Rasenfilz	vertikutieren
zu tiefer Rasenschnitt	nicht tiefer als 4 – 5 cm mähen (Sportrasen: 3 cm)
zu früher Rasenschnitt	nicht zu früher Schnittbeginn im Frühjahr

Ein guter Rasendünger in genügender Dosierung verhindert Moos zuverlässig

In Parkanlagen und Schwimmbadrasen nehmen Moos und Unkräuter häufig überhand. Dies ist ein Hinweis, dass die Rasengräser ungenügend ernährt sind. Eine erhöhte Düngermenge drängt Moos und Unkräuter zurück. Mit „Hauert Progress Park“ kann die Nährstoffversorgung mit nur einer Düngung pro Jahr abgedeckt werden.

Kalkversorgung und Moos

Liegt der pH-Wert unter ca. 6, so werden die Rasengräser geschwächt und Moos nimmt überhand. Eine Kalkung stärkt die Gräser. Bei höheren pH-Werten ist eine Vermoosung nicht auf fehlenden Kalk zurückzuführen! (siehe Tabelle „Einstufung der Böden nach ihrer pH-Reaktion“, Seite 19)

Kurzfristige Moosbekämpfungsmassnahmen

- Geistlich LawnSand oder Manna LawnSand streuen (kurz vor Regen oder nach dem Streuen bewässern).
- Eisensulfat: 100 g/10 m² und 10 l Wasser lösen und gleichmässig mit der Giesskanne verteilen.

Rostflecken auf Betonplatten

„LawnSand“ enthält zur Moosverdrängung Eisensulfat. Gelangt aber „LawnSand“ auf Gartenplatten oder an Gebäudeteile (auch nur in Spuren oder durch Windverfrachtung oder Schuhwerk), so bilden sich rasch Rostflecken. Aus diesem Grund ist auf der Verpackung eine entsprechende Warnaufschrift aufgeführt. Sollten doch einmal Rostflecken auftreten, so müssen diese möglichst rasch behandelt werden.

Entfernung von Rostflecken mit Zitronensäure

Wichtig: Die Entfernung sollte so rasch als möglich nach dem Auftreten der Flecken erfolgen. Die dazu notwendige Zitronensäure ist in der Drogerie oder Apotheke in fester, reiner Form erhältlich (Lebensmittelqualität).

In 1 Liter Wasser werden 100 g Zitronensäure gelöst (die Säure ist nicht ätzend an den Händen).

Von der Lösung soviel auf die Platten ausgiessen, dass diese gut benetzt sind. Mit einer harten Reisbürste Platten intensiv mit der Lösung abreiben. Nach 2 – 3 h Einwirkzeit Prozedur ohne vorheriges Spülen wiederholen. Nach einer weiteren Stunde mit viel Wasser gründlich abspülen. Darauf achten, dass der Rasen oder andere Pflanzen nicht mit konzentrierter Zitronensäure in Kontakt kommen. Wenn nötig den Vorgang wiederholen.

Wenn die Entfernung der Flecken nicht vollständig gelingt, kann mit einer allmählichen Verbleichung der Flecken gerechnet werden.

Gemüse

Die Nährstoffansprüche der einzelnen Gemüsearten sind sehr unterschiedlich. Für eine gezielte Düngung werden die Düngungsnormen der Beratungsstellen (GRUD*) mit den Korrekturfaktoren der Bodenanalyse multipliziert (P, K, Mg).

Bei der Anrechnung des Stickstoffs aus Ernterückständen, Kompost und Hofdüngern ist insbesondere bei sehr kurzdauernden Kulturen (Salate usw.) grösste Vorsicht geboten. Je nach Verrottungszustand muss die N-Düngung sogar erhöht werden!



Profi-Tipp Gemüse

- Bei kurzdauernden Kulturen (Salate, Radieschen usw.) muss der Phosphorversorgung besondere Beachtung geschenkt werden. Die noch schwach entwickelten Wurzeln können auch in genügend P-versorgten Böden nicht genügend P aufnehmen. Deshalb muss auch in genügend P-versorgten Böden kurz vor der Pflanzung rund 50 kg wasserlösliches P_2O_5 /ha gedüngt werden.
- Umhüllte Stickstoff-Langzeitdünger bewähren sich in Frühlkulturen unter Vlies sowie bei längerdauernden Sommerkulturen. Die regelmässige Nährstoffabgabe verhindert Nitratauswaschung und verbessert Ertrag und Qualität.

Beeren

Beeren sind Flachwurzler und reagieren daher empfindlich auf eine Übersalzung im Wurzelbereich (Achtung bei der Anwendung von Kompost). Die Nährstoffaufnahme im Pflanzjahr ist bescheiden (von Pflanzung bis Vegetationsruhe: 15 kg N/ha). Eine Überversorgung mit Stickstoff führt in dieser Phase zu einer Verzögerung der Blütenknospenbildung. Auch im Frühjahr angemessen düngen (Humusgehalt des Bodens beachten)! Bei einer sehr zurückhaltenden Düngung leidet der Ertrag. Eine zu intensive Düngung fördert die Blattbildung, welche die Fruchtentwicklung konkurrenziert. Zusätzlich wird Botrytis (Graufäule) gefördert, die die Transportfestigkeit und die Haltbarkeit verschlechtert.

Profi-Tipp Beeren

Beeren bevorzugen leicht sauren Boden, darum muss kalkfreier Dünger verwendet werden (spezielle Beerendünger, z. B. „Hauert Beeren-dünger“).

Erdbeeren: Wird die Kultur ein zweites Jahr genutzt, so muss die Stickstoffdüngung speziell vorsichtig erfolgen, denn im zweiten Anbaujahr neigen Erdbeeren zu verstärkter Blattbildung.

Heidelbeeren in einem Boden mit zu hohem pH-Wert (über 5) reagieren schnell mit Eisenmangel, deshalb pH-Wert des Substrates evtl. absenken (siehe Kap. 12, „Senkung des pH-Wertes im Boden/Substrate“, Seite 87).

Die Wurzeln der Heidelbeeren sind besonders salzempfindlich. Düngung aufteilen und Langzeitdünger einsetzen (z.B. „Hauert Tardit Top“).

Kern- und Steinobst

Generelle, kurz gefasste Düngungsempfehlungen für den Obstbau sind nicht möglich. Sorten, Unterlagen, Ertragsniveau und Bodenart beeinflussen die optimale Düngung ganz wesentlich.

Weinreben

Das ausgedehnte Wurzelwerk ermöglichte eine effiziente Nährstoffaufnahme und die grosse Holzmasse speichert die Nährstoffe über eine längere Periode. Eine Aufteilung der Düngung auf mehrere Düngungen erübrigt sich deshalb.

* Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz von Agroscope

Düngungsnormen für den Obst- und Weinbau

Kultur	Ertragspotential (kg/a)	Düngungszeitpunkt	Düngung (kg/ha) ²⁾			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Kernobst	300	P, K, Mg: bei Vegetationsbeginn (Mausohrstadium); N: 50 % bei Vegetationsbeginn; 50 % bei Blühbeginn	50	10	40	5
	600		80	30	110	20
Kirschen	80		40	15	40	5
	160		80	30	65	15
Zwetschgen/Pflaumen	100		40	10	35	5
	200		80	20	65	10
Pflirsiche	150		45	10	45	5
	250		75	20	70	15
Aprikosen	150		45	20	60	5
	250		75	30	90	15
Kiwi	150		40	10	60	5
	250		65	20	90	10
Erdbeeren	150	zur Pflanzung im Spätsommer Wachstumsbeginn Frühjahr Blüte	0 – 40 ¹⁾ 30 ¹⁾ 30 ¹⁾	25	80	15
	250	zur Pflanzung im Spätsommer Wachstumsbeginn Frühjahr Blüte	20 – 40 ¹⁾ 40 ¹⁾ 40 ¹⁾	45	160	25
Himbeeren	100	Vegetationsbeginn	30	20	45	10
	250	Vegetationsbeginn ³⁾	75	50	90	20
Brombeeren	150	Vegetationsbeginn	40 ⁴⁾	25	45	15
	250	Vegetationsbeginn	70 ⁴⁾	45	85	20
Johannisbeeren	150	Vegetationsbeginn	60 ⁴⁾	30	90	15
	250	Vegetationsbeginn	110 ⁴⁾	60	150	20
Cassis	150	Vegetationsbeginn	50 ⁴⁾	30	85	15
	250	Vegetationsbeginn	90 ⁴⁾	50	155	20
Stachelbeeren	120	Vegetationsbeginn	40 ⁴⁾	25	60	15
	220	Vegetationsbeginn	80 ⁴⁾	45	110	20
Heidelbeeren	100	1/2 bei Vegetationsbeginn, 1/2 Ende Mai ⁵⁾	45 ⁴⁾	20	65	15
	200	1/2 bei Vegetationsbeginn, 1/2 Ende Mai ⁵⁾	55 ⁴⁾	30	75	25
Weinrebe	120	Kurz vor Blühbeginn	50	20	75	25

¹⁾ Bei Reihendüngung um rund 50 % reduzieren; bei hohem Humusgehalt reduzieren, bei tiefem Humusgehalt erhöhen.

²⁾ Diese Werte gelten bei normal versorgtem Boden.

³⁾ Gesamtmenge von über 60 kg N auf zwei Gaben aufteilen (2/3 bei Vegetationsbeginn; 1/3 zur Blüte).

⁴⁾ Stickstoff: 2/3 bei Vegetationsbeginn; 1/3 nach dem Abblühen.

⁵⁾ Zur Verhinderung von Wurzelschäden: Langzeitdünger auf Basis von Methylenharnstoff einsetzen (z. B. „Hauert Tardit Top“).

Die Magnesiumversorgung speziell beachten (Mangel führt zu Stiehlähme).



Die Düngung im Bio-Landbau zeichnet sich durch die folgenden Punkte aus:

- Bewahrung der natürlichen Ressourcen durch Recycling von Nährstoffen auf Betriebsebene (möglichst geschlossene Nährstoffkreisläufe).
- Langfristige Lösungen betreffend ökologischem Ausgleich, Fruchtfolge und Düngermanagement.
- Allen Massnahmen, welche die Bodeneigenschaften (chemisch, biologisch, physikalisch) erhalten und verbessern, wird grosse Beachtung geschenkt.
- Handelsdünger (zur Ergänzung der Wirtschaftsdünger bzw. Hofdünger) müssen aus Mist, Gesteinsmehlen oder aus Nebenprodukten der Lebensmittelindustrie (pflanzlich oder tierisch) bestehen. In der Schweiz ist die Betriebsmittelliste des Forschungsinstitutes für biologischen Landbau (FiBL) verbindlich. In Deutschland gibt die Zertifizierungsstelle bzw. der Abnehmer Auskunft.

Ein grosser Teil des Bedarfs an Phosphat, Kali, Schwefel, Magnesium und Spurenelementen kann durch Pflanzenrückstände, Hofdünger und Kompost gedeckt werden. Eine gute Bodenstruktur fördert die Bildung einer grossen Wurzelmasse. Dadurch können die Wurzeln auch einen Teil der im Boden fixierten Nährstoffe aufnehmen.

Bei nachweisbar mittel und schlecht versorgten Böden (z. B. auf viehlosen Betrieben) können P und K durch zugelassene Handelsdünger ergänzt werden. P- und K-Handelsdünger werden in biologischen Fruchtfolgen nicht kulturbezogen ausgebracht. Sie werden vorzugsweise zu Leguminosen gegeben, die einerseits einen hohen P-Bedarf haben und P und K relativ gut aus schwerlöslichen Formen aufschliessen.

Spezielle Beachtung muss der Stickstoffversorgung geschenkt werden

- Werden Hof- und Abfalldünger unverrottet oder angerottet ausgebracht, liefern sie der Kultur keinen Stickstoff. Im Gegenteil: für den Verrottungsprozess entziehen sie dem Boden pflanzenverfügbaren Stickstoff (siehe Kapitel 4).
- In den Frühkulturen (Gemüse, Wintergetreide) ist die Mineralisierungsrate auch in Böden mit hohem Humusgehalt ungenügend (tiefe Bodentemperatur).
- Auch in Frühjahrs- und Sommerkulturen mit kurzer bis mittlerer Kulturdauer (Salate, Kohlgewächse, Porree, Zwiebeln, Kartoffeln) müssen Hofdünger und Kompost zur Erzielung optimaler Erträge und Qualität mit zusätzlichen Stickstoffgaben versorgt werden.



In Kulturen mit kurzer bis mittlerer Kulturdauer müssen organische Stickstoffdünger mit rascher Anfangswirkung eingesetzt werden (z. B. „Biorga Quick“).

Da auch diese Dünger eine natürliche Langzeitwirkung aufweisen, muss die ganze Menge zur Pflanzung, bzw. bei Wintergetreide zu Vegetationsbeginn, ausgebracht werden. Lediglich bei einjährigen Kulturen mit langer Kulturdauer oder bei mehrjährigen Kulturen können langsam wirkende Dünger eingesetzt werden.

Weitere Möglichkeiten, die Kulturen mit Stickstoff zu versorgen:

- Jeder oberflächliche Hackgang mineralisiert Stickstoff. Je nach Humusgehalt, Bodentemperatur und Bodenfeuchte ist die Menge sehr unterschiedlich. Eine alte bäuerliche Faustregel besagt, dass mit jedem Hackdurchgang rund 30 kg N/ha mineralisiert werden.
- Harngülle, aber auch gut verrotteter Mist oder Kompost, enthält beachtliche Mengen an pflanzenverfügbarem Stickstoff (siehe Kapitel 7).

- Leguminosen als Haupt- oder Zwischenkulturen (Klee, Erbsen, Bohnen, Lupinen usw.) sind eine weitere Möglichkeit, dem Boden zusätzlichen Stickstoff zuzuführen. Die symbiotische Fixierung von atmosphärischem N durch Knöllchenbakterien kann bis zu 250 kg N/ha in der oberirdischen Biomasse fixieren. Bei Umbruch derselben würde etwa 1/3 als pflanzenverfügbare Stickstoff nach dem Abbau verfügbar sein.

Bei den Stickstoffdüngern wird ein gutes Streubild angestrebt. Bei der Herstellung muss daher auf ein ausreichend grosses spezifisches Gewicht der Körner oder Pellets geachtet werden. Auch die homogene Kornabstufung ist für ein einheitliches Streubild sehr wichtig.

Biologische Düngung im Garten- und Landschaftsbau

Für die Düngung von Blumenrabatten, Sträuchern und Bäumen können Hornspäne mit Kompost gemischt werden. Hornspäne sind natürliche Langzeitdünger. Von einer Mischung mit 200 g Hornspänen und 10 Liter Kompost sollten nicht mehr als 2 – 3 l/m² ausgebracht werden. Höhere Mengen können mittelfristig zur Überdüngung führen. Diese Mischung darf nicht als Pflanzerde verwendet werden, der Nährstoffgehalt wäre viel zu hoch.

Als einfache Lösung kann „Hauert Biorga Organos“ als Volldünger eingesetzt werden.

Für Rasen, die nach Bio-Richtlinien gedüngt werden, stehen spezielle Rasendünger zur Verfügung, die in der FiBL-Betriebsmittelliste aufgeführt sind („Hauert Biorganic Rasendünger“, „Hauert Bio Rasendünger“).

Für eine bedarfsgerechte Nährstoffversorgung sind Laboruntersuchungen unerlässlich.

Bodenanalysen

Für eine gezielte Düngung sind nebst den Nährstoffbedürfnissen der Pflanzen auch verschiedene Bodeneigenschaften zu berücksichtigen. Diese können mittels periodischer Bodenuntersuchungen, welche der Optimierung der zukünftigen Düngung, aber auch zur Kontrolle früherer Düngungsmassnahmen dienen, erfasst werden. In der Pflanzenernährung interessiert nur derjenige Teil der Bodennährstoffe, welcher in „nützlicher Frist“ von den Wurzeln aufgenommen werden kann. Diese „nützliche Frist“ richtet sich einerseits nach der Kulturdauer und andererseits nach dem Auswaschverhalten des Bodens für Nährstoffe. Die meisten Nährstoff-Kationen sind im Boden mehr oder weniger stark an Ton- und Humuspartikel gebunden (siehe Kapitel 4). Nur ein kleiner Teil ist im Bodenwasser gelöst (siehe Seite 12).

Damit der pflanzenverfügbare Nährstoffgehalt gemessen werden kann, müssen die Nährstoffe aus dem Boden extrahiert werden, denn auch diese Ionen müssen in einer wässrigen Lösung bestimmt werden. Dazu werden die verschiedensten Extraktionsmittel eingesetzt. Prinzipiell gibt es weder gute noch schlechte Methoden, denn jede hat ihre Vor- und Nachteile. Eine Analyse- bzw. Extraktionsmethode benötigt ein eigenes Interpretationsschema (Seite 93). Die Eichung erfolgt in aufwändigen Pflanzenversuchen unter verschiedenen Bodenbedingungen. Daraus können sich für die Anwendbarkeit der verschiedenen Methoden auch Einschränkungen ergeben. Eine weitgehende Unabhängigkeit von solchen methodenspezifischen Einschränkungen erreicht man auf elegante Weise, in dem man in einem Boden sowohl die leicht verfügbaren Nährstoffe als auch die längerfristig verfügbaren analysiert. Durch geeignete Kombination der beiden Werte (werden vom Labor berechnet) kommt man

zu sehr breit abgestützten Aussagen über die Nährstoffmenge und Verfügbarkeit in einem Boden. Diese Analyse wird in unserem Labor routinemässig so durchgeführt (Standardanalyse mit Zusatzprogramm).

Extraktion der leicht verfügbaren Nährstoffe

Es werden ausschliesslich diejenigen Nährstoffe extrahiert, welche sich in der Bodenlösung befinden. Diese Extraktionsmethode hat – alleine eingesetzt – bei kurzdauernden Kulturen ausreichende Aussagekraft (z. B. rasch wachsende Gemüsekulturen im Gewächshaus, Topfpflanzen oder wenn man ganz einfach den Stickstoffversorgungsgrad bestimmen will). Als Ergänzung zu einer Reserve-Extraktionsmethode liefert sie wichtige Zusatzinformationen über die Verfügbarkeit der Nährstoffe.

Extraktion der Reservenährstoffe

Stärkere saure Extraktionsmittel bringen auch einen Teil der austauschbaren Nährstoffe in Lösung. Für längerdauernde einjährige und für mehrjährige Kulturen liefern diese Methoden wichtige Angaben für die längerfristige Düngerkorrektur und sind daher für solche Kulturen sinnvoll einsetzbar (z. B. Rasen, Baumschulen, Friedhöfe, Obst- und Weinbau usw.).

Nährstofffraktion	Extraktionsmittel	Wird angewendet für die Messung von:					
		Stickstoff	Phosphor	Kalium	Calcium	Magnesium	Spuren-nährstoffe
leicht pflanzen-verfügbar	Wasser	x	x	x	x	x	(x)
	CO ₂ -gesättigtes Wasser		x	x			
	CaCl ₂ (Calciumchlorid)					x	
Austauschextraktion (Reserven)	AAC-EDTA (Ammoniumacetat+EDTA)		x	x	x	x	x
	CAL (Calciumacetat-Lactat)		x	x			
	CAT (CaCl ₂ /DTPA)		x	x		x	(x)
	DL (Doppellactat)		x	x			

Spezialfall Stickstoff

Bodenanalysen, mit denen der Stickstoff bestimmt wird, messen den momentan pflanzenverfügbaren Stickstoffgehalt des Bodens (Nitrat und/oder Ammonium). Je nach Humus- und Tongehalt, Bodenfeuchte, Bodentemperatur und Niederschläge kann der Gehalt sehr schnell ändern. Jeder Analysenwert ist somit eine Momentaufnahme mit kurzer Gültigkeitsdauer. Trotzdem ist die Kenntnis des aktuellen Stickstoffversorgungsstatus oft wichtig, um kurzfristig gezielt Düngerkorrekturen vornehmen zu können. Umso mehr, als auch Schwefelmangel und allgemeiner Nährstoffmangel ganz ähnliche Symptome zeigen wie ein Stickstoffmangel. Eine Differenzierung ist hier nur mit einer entsprechenden Analyse möglich. Bei Verdacht auf Stickstoffmangel ist die Analyse der wasserlöslichen Nährstoffe, inklusive des Stickstoffs, angebracht (Standardprogramm in unserem Labor).

Sonderfall Spurenelemente

Zu tiefe Spurenelementgehalte der Böden sind selten (Ausnahmen sind z. B. Kupfer auf gerodeten Flächen und in sehr humosen Böden oder Bor und Mangan bei leichten Böden). Bei aufgedüngten Substraten ist ein Spurenelementmangel ebenfalls selten, und wenn mit spurenelementhaltigen Düngern nachgedüngt wird, praktisch ausgeschlossen.

Spurenelementmangel ist oft auf schlechte Bodenverhältnisse zurückzuführen (ungeeigneter pH-Wert, Verdichtung, zu trocken, zu nass).

Auch wenn ein Mangel visuell festgestellt wird, ist es gut möglich, dass im Labor genügende Gehalte gemessen werden (siehe Tabelle „Wechselwirkungen“, Seite 13).

Bestimmung des pH-Wertes

Es sind zwei Extraktionsmethoden gebräuchlich:

- Messung im CaCl₂-Extrakt,
- Messung im Wasserextrakt.

Hinweise: Im CaCl₂-Extrakt gemessene pH-Werte liegen 0,5 - 1 pH-Einheiten tiefer als Messungen im Wasserextrakt. Direktmessungen im Boden bzw. Substrat sind wegen des starken Einflusses der momentanen Bodenfeuchte unzuverlässig.

Häufigkeit der Untersuchungen

Zierpflanzenproduktion (Böden unter Glas)

Vor Beginn einer Kultur zur Bestimmung der löslichen Rest-Nährstoffe und Anpassung Düngung insbesondere Stickstoff (nur wasserlösliche Nährstoffe), Böden unter Glas zur langfristigen PK-Korrektur alle 2 – 3 Jahre (wasserlösliche und Reservenährstoffe).

Rasensportplätze

Zur fundierten Düngeplanung ist es empfehlenswert, alle 4 – 5 Jahre Bodenanalysen durchzuführen (wasserlösliche und Reservenährstoffe).



Baumschulen

Empfehlenswert ist die Analyse bei Neuanlagen, dann periodische Analysen zur Düngerkorrektur alle 4 – 5 Jahre (wasserlösliche und Reservenährstoffe).

IP: Alle 5 Jahre (Analysenprogramm gemäss IP-Richtlinie).

ÖLN: Alle 10 Jahre (Analysenprogramm gemäss ÖLN-Richtlinien).

Gemüsebau

Suisse-Garantie/Bio: Böden unter Glas/Folientunnel alle 2 Jahre zur Bemessung der Düngung (wasserlösliche und Reservenährstoffe).

Freiland mindestens alle 5 Jahre.

ÖLN: Freiland alle 10 Jahre (Analysenprogramm gemäss ÖLN-Richtlinien).

Obst-, Weinbau und Beerenbau

Empfehlenswert ist die Analyse bei Neuanlagen.

Suisse-Garantie: empfohlen mindestens alle 5 Jahre (Analysenprogramm gemäss Richtlinien).

ÖLN: Alle 10 Jahre (Analysenprogramm gemäss ÖLN-Richtlinien).

Probenahme

Die Resultate der Bodenprobe können nur so zuverlässig sein wie die Probe selbst. Je mehr Proben pro Parzelle gezogen und anschliessend gut gemischt wurden, desto aussagekräftiger ist das Resultat. Bodenproben sind vor der Düngung oder dem Ausbringen von Mist oder Kompost zu entnehmen. Ein günstiger Zeitpunkt dafür ist der Herbst.

Repräsentative Fläche

Die zu untersuchende Fläche muss einheitliche Bodenverhältnisse aufweisen. Eine Kuppe kann sich beispielsweise bezüglich Tongehalt, Humusgehalt und Tiefgründigkeit stark von der Senke unterscheiden. Ausserdem muss die

Fläche in der Vergangenheit auch einheitlich bewirtschaftet worden sein (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Düngung usw.).

Repräsentative Tiefe

Die Proben müssen aus derjenigen Zone stammen, in der die Nährstoffaufnahme vorwiegend stattfindet (Zone mit vielen Feinwurzeln). Bei Dauerkulturen (z. B. Rasen, Hecken), Gewächshausböden, fehlender Bodenbearbeitung oder wenn ein weisslicher Salzflaum an den Bodenkrümel sichtbar ist, muss die oberste Bodenschicht (2 bis 3 cm) vor der Probenahme entfernt werden.

Kultur	Entnahmetiefe (cm)	
Rasen	0–20	
Baumschulen	Neuanlage	0–25
	ab 2. Standjahr	0–30
	bei Tiefwurzeln zusätzlich	30–60
Zierpflanzen (z. B. auch Schnittblumen)	0–20	
Hecken- und Strauchanlagen	0–30	
Wiesen und Weiden: mit Grasnarbe	0–10	
Ackerland und Kunstwiesen: Pflugschicht	0–20	
Gemüsebau	0–30	
Obst- und Weinbau	Oberboden (ohne Grasnarbe)	0–25
	Unterboden	25–50
Beerenanbau (ohne Grasnarbe)	0–30	

Finden Sie mehr Informationen zu den Analysen:
www.hauert.com/ch-de/angebot/labordienstleistungen

Bei fleckenweise schlechtem Wachstum:

Gemäss den obigen Anweisungen werden aus den guten und schlechten Regionen der Parzelle je eine Mischprobe gezogen. Der Vergleich der beiden Analysenresultate gibt nützliche (direkte und indirekte) Hinweise auf die Ursache des schlechten Wachstums.

Von Substrat:

Wie bei den Böden ist auch bei Substraten und Komposten eine repräsentative Probenahme von zentraler Bedeutung.

Von Lagerhaufen oder Mieten:

Mit einer Schaufel sind an 8 bis 12 Stellen Einzelproben zu entnehmen. Querschnitt durch den Haufen (Mantel-, Mittel- und Kernbereich):

- Material in sauberen Eimer geben und gut mischen,
- Muster von ca. 5 dl in sauberen Plastiksack abfüllen,
- Beutel abrieb- und wasserfest beschriften.

Aus Töpfen oder Containern für die Kontrollanalyse:

- 5–8 Pflanzen zufällig auswählen,
- mit einem Löffel von oben bis zum Topfgrund ein „Profil“ ausheben,
- Substrat sorgfältig mischen und ein Muster von ca. 5 dl in sauberen Plastiksack abfüllen,
- Beutel abrieb- und wasserfest beschriften.

Probenherstellung:

Sind die oben erwähnten Voraussetzungen erfüllt, kann mit 10 bis 12 Einstichen in der Diagonale der Parzelle ein repräsentatives Muster hergestellt werden:

- Erde der einzelnen Einstiche in sauberen Eimer geben, mischen und ein Teilmuster von 2–3 dl in sauberen Plastikbeutel abfüllen (dabei Weisungen des Bodenlabors beachten),
- Probe sollte „normalfeucht“ (nicht nass) sein,
- Beutel abrieb- und wasserfest beschriften.

**Achtung!**

Wurde dem Substrat ein umhüllter Langzeitdünger beigemischt, dürfen diese Kügelchen bei der Probenahme nicht verletzt werden (Pflanzen evtl. zuerst austopfen)!

Boden- und Wasserproben dürfen nicht mit Düngern (auch nicht mit Spuren davon) in Kontakt kommen! Eimer, Schaufeln und Hände, welche mit Dünger in Kontakt standen, gründlich reinigen. Neue Plastiksäcke verwenden!

Interpretation der Analysenresultate und Düngungsempfehlung

Die Anpassung der Normdüngung an den Nährstoffgehalt des Bodens erfolgt mit Hilfe so genannter Korrekturfaktoren. Der allgemeine Nährstoffzustand des Bodens an Phosphor, Kalium und Magnesium kann, abhängig von den Korrekturfaktoren, in fünf Klassen eingeteilt werden. Das Bodenlabor rechnet den analysierten Nährstoffgehalt in die Versorgungsklasse oder in den Korrekturfaktor um.

Korrekturfaktor	Beurteilung	Versorgungsklasse
> 1,4	arm	A
1,2 - 1,4	mässig	B
0,9 - 1,1	genügend	C
0,2 - 0,8	Vorrat	D
< 0,2	angereichert	E

Der Unterschied zwischen Reserve- und Wasserextrakt liefert wertvolle Informationen über den Boden. Bei hohem Anteil an Reservenährstoffen und geringem Anteil an schnell pflanzenverfügbaren Nährstoffen handelt es sich in der Regel um Böden mit starker Nährstofffixierung. Ist jedoch der Anteil an Reservenährstoffen gering und jener an pflanzenverfügbaren Nährstoffen hoch, handelt es sich in der Regel um Böden mit geringer Austauschkapazität. Böden mit hohen Reserven und reichlich schnell pflanzenverfügbaren Nährstoffen (insbesondere auch Stickstoff) sind in der Regel tätige Böden, d. h. Böden mit hoher biologischer Aktivität.

Liegen die Resultate sowohl für wasserlösliche Nährstoffe als auch für Reservenährstoffe in der AAC-EDTA-Methode vor, wird der Korrekturfaktor wie folgt berechnet:

Kurzdauernde Kulturen (z. B. Gemüsebau)

$$\frac{2 \times \text{Korrekturfaktor wasserlöslich} + 1 \times \text{Korrekturfaktor Reservenährstoffe}}{3} = \text{Korrekturfaktor für Düngungsempfehlung}$$

Langzeitkulturen (z. B. Rasen, Baumschulen, Obst- und Weinbau)

$$\frac{1 \times \text{Korrekturfaktor wasserlöslich} + 2 \times \text{Korrekturfaktor Reservenährstoffe}}{3} = \text{Korrekturfaktor für Düngungsempfehlung}$$

Auswahl der Dünger anhand der Korrekturfaktoren

Korrekturfaktor wasserlöslich	Korrekturfaktor Reservenährstoffe	pH-Wert ¹⁾	Löslichkeit des Düngers
> 1			wasserlöslich
< 1	> 1	> 6,8	wasserlöslich
< 1	> 1	< 6,8	nicht wasserlöslich möglich

¹⁾ nur bei P und Mg beachten

Um die erforderliche Nährstoffmenge zu berechnen, die zur Deckung des Bedarfs für eine bestimmte Kultur notwendig ist, wird die Normdüngung (z. B. in kg Nährstoff/ha) für den entsprechenden Nährstoff mit dem Korrekturfaktor multipliziert. Dies ergibt die korrigierte Normdüngung für diesen Nährstoff. Diese Berechnung führt man für alle zu düngenden Nährstoffe durch. Durch geeignete Kombination von Düngemitteln (darunter können auch Mist oder Kompost sein) wird die Nährstoffzufuhr so dem Bedarf unter Berücksichtigung der Bodenversorgung angepasst.

Schnellmethoden für Boden-Messungen

Wichtige Messungen zur Kulturführungen können auch vor Ort vom Kultivator vorgenommen werden. Mit relativ geringem Aufwand lässt sich nämlich feststellen, ob die Düngung „auf dem richtigen Weg“ ist. Dazu gehört in erster Linie die EC-Messung. Gleichzeitig kann auch der pH-Wert ermittelt werden. Mit Erde oder Substrat wird dazu folgender „Schüttelextrakt“ hergestellt:

EC- und pH-Messung von Böden oder Substraten

- Auf verschliessbarer transparenter Plastikflasche bei 200 ml und 300 ml je eine Markierung anbringen.
- Entmineralisiertes oder destilliertes Wasser bis zur 200 ml Marke einfüllen.
- Mit Substrat oder Boden bis zur 300 ml Marke auffüllen (wenn die Probe sehr trocken ist, etwas anfeuchten).
- Gefäss verschliessen und ca. 1 Minute kräftig schütteln.
- EC-Messsonde direkt in die Suspension halten und Messwert ablesen (mS/cm).
- Geeichte pH-Elektrode in die Suspension halten und Messwert ablesen.

Interpretation der EC-Werte in Substraten

Salzverträglichkeit	gering (z. B. Anzucht)	mittel	hoch	sehr hoch
EC-Normbereich	< 0,7	0,7 – 1,4	1,4 – 2,0	> 2,0

Interpretation der EC-Werte im Boden

Versorgungszustand	gering	mittel	hoch	sehr hoch ^{*)}
Freiland	< 0,1	0,1 – 0,3	0,3 – 0,6	> 0,6
unter Glas	< 0,3	0,3 – 0,6	0,6 – 1,2	> 1,2

^{*)} Schäden sind möglich

Massnahmen aufgrund des EC-Wertes

Der Messwert ist ein direktes Mass für die Menge löslicher Salze in der Probe und daher auch direkt ein Mass für die leichtverfügbare Nährstoffmenge. Er gibt aber keine Hinweise auf die Art der Nährstoffe. Im Falle eines tiefen EC-Wertes ist dies aber z. B. auch unerheblich, denn hier muss die Nachdüngung einfach erhöht werden. Liegt der Wert im Normalbereich und die Pflanzenentwicklung ist ebenfalls normal, muss an der Düngung nichts geändert

werden. Liegt der Wert aber über dem angestrebten Bereich, ohne dass Schadsymptome vorliegen, kann die Nachdüngung reduziert oder eingestellt werden. Nur dann, wenn bei normaler oder erhöhter Versorgung Schadsymptome festgestellt werden, empfiehlt sich eine Laboranalyse.

Aktivitätsmessung

Bei gewissen Geräten besteht die Möglichkeit, nebst dem EC auch eine sogenannte AM-Messung (Aktivitätsmessung) vorzunehmen. Die Messeinheit ist gerätespezifisch. Ein Vorteil dabei ist, dass die Messung mit einer Stechsonde direkt im Substrat durchgeführt werden kann. Da aber die Feuchtigkeit und die Substratverdichtung einen grossen Einfluss auf das Messergebnis haben, eignet sich diese Methode vor allem dafür, sich rasch einen groben Überblick zu verschaffen. Beim Vorliegen von Kulturproblemen empfiehlt sich aber stets eine Analyse in einem Extrakt. Dieser Wert kann auch mit einem fachkundigen Labor besprochen werden.

Bei den folgenden **AM-Werten** kann von einem normal mit Nährstoffen versorgten Substrat ausgegangen und somit auf eine EC-Messung (im Extrakt) verzichtet werden (gilt für Gerät „PNT 3000 COMBI+“, „Step System GmbH“):

- eher trockenes Substrat: 0,2–0,3
- normalfeuchtes Substrat: 0,3–0,4
- eher feuchtes Substrat: 0,4–0,5

Optimale pH-Bereiche

Obschon Pflanzen bezüglich des pH-Wertes recht tolerant sind, gibt es für gewisse Kulturen Grenzwerte, die nicht über- oder unterschritten werden sollten. Empfindliche Kulturen reagieren sonst meist mit Chlorosen oder bei Aufnahme toxischer Elemente infolge eines zu tiefen pH-Wertes mit Nekrosen oder mit mehr oder weniger indifferenten Symptomen (sogenannten multiplen Symptomen). Bei der Interpretation ist zu beachten, in welchem Extraktionsmittel gemessen wurde. Bei der vorliegenden Methode ist es, wie meistens auch bei Literaturangaben ohne spezielle Hinweise, entmineralisiertes Wasser. Optimalbereiche sind arten- und manchmal sogar sortenabhängig. Am besten orientiert man sich an Angaben des Pflanzenlieferanten oder Züchters. Für „altbewährte“ Kulturen können auch die entsprechende Fachliteratur oder Versuchspublikationen zu Rate gezogen werden.

Bemerkung zur Beschaffung von Messgeräten

Geräte, die unter Feldbedingungen eingesetzt werden, sollten robust und einfach zu handhaben sein. Das bedingt auch, dass Verschleisssteile wie Elektroden und Kabel sowie Verbrauchsmittel wie Eichlösungen rasch und unkompliziert erhältlich sein sollten. Am besten erfolgt die Beschaffung eines Bodenanalysegerätes bei einem Vertrieb für Feldmessgeräte im Gartenbau (Internet). Einzelheiten sollten bei einem Lieferanten mündlich abgeklärt werden.



EC-Messungen in Wasser und Nährlösungen

EC-Messung in Giesswasser: Kein abgestandenes Wasser verwenden. Am besten erfolgt die Messung nach längerem Giessen, so dass die Wasserfrische gewährleistet ist. Die Temperatur ist zu beachten.

EC-Messung in Gebrauchsdüngerlösungen: Unter Berücksichtigung der Wasserhärte kann die Nährsalzkonzentration ermittelt werden, wozu die Umrechnungstabelle des Nährsalzlieferanten erforderlich ist.

Kompostierung und Verwendung von Kompost

Beim Kompostieren verarbeiten Bakterien, Pilze und Kleintiere das organische Material zu Humus. Dieser Prozess, zu dem es unbedingt Sauerstoff braucht, heisst Rotte. Gelangt kein Sauerstoff zum organischen Material, beginnt es zu gären; unangenehme Gerüche sind die Folge. Für eine erfolgreiche Kompostierung sind also die Luftversorgung bis ins Innere des Kompostes und ausreichend Feuchtigkeit die entscheidenden Voraussetzungen.

Herstellung von Qualitätskompost

Ausgangsstoffe

Angestrebt wird ein C:N-Verhältnis des Ausgangsmaterials von 20:1 bis 30:1.

Geeignet sind – hohen Anteil wählen (je nach Aufbereitung 70 – 90 Gew.-% möglich):

- Geschredderter Baum- und Strauchschnitt sowie Holzhäcksel
- Unverarbeitete pflanzliche Küchenabfälle

Bedingt geeignet sind – Anteil unter 20 Gew.-% halten:

- Gartenabfälle und Rasenschnitt
- Geschredderte Bestandesabfälle aus der Gemüseproduktion
- Blätter, Stroh, Langgras

Nicht geeignet sind – Anteil unter 1 Gew.-% halten:

- Chargen mit hohen Eingangs-Nährstofffrachten (z. B. ausschliesslich stickstoffreiches Material)
- Hohe Erdanteile
- Küchenabfälle
- Asche
- Fleisch und fetthaltige Abfälle
- Papier
- Fäkalien von Fleischfressern

Zu vermeiden sind auch Ausgangsmaterialien von Problemgebieten mit einem erfahrungsgemäss hohen Eintrag an Schwermetallen (Strassenbegleitgrün, Gebiete mit geogen hoher Schwermetallbelastung).

Aufbereitung

- Je grösser die Oberfläche des Materials, desto schneller der Stoffumsatz und der Aufschluss an verfügbaren Nährstoffen. Das Rottegut muss jedoch durch geeignete Strukturträger stabilisiert werden können.

- Anzustrebende Anteile der Siebgrössenklassen (in Vol.-%): Feingut (< 40 mm): 60 %, Mittelgut (40 – 100 mm): 30 %, Grobgut (Strukturträger; 100 – 250 mm) 10 %
- Je grösser die Miete ist, desto höher muss der Grobanteil sein.
- Für die Aufbereitung geeignet sind kommerzielle Schredder, die z. B. Baum- und Strauchschnitt auf günstige Grössen zerkleinern.

Rottezeit

- Kompost aus intensiven Dreiecksmieten kann je nach Rotteführung und Ausgangsmaterial ab dem 3. Monat verwendet werden. Ansonsten sind bis 6 Monate nötig.

Wenden

- Je nach Mietengrösse muss die Kompostmiete in 7 – 14-tägigem Abstand gewendet werden, wobei anfangs kürzere Zeitabstände nötig sind.

Mietengrösse

- Richtet sich nach dem Rottezeitpunkt und der Aufbereitung des Ausgangsmaterials. Kleinere Mieten verlangen feiner aufgefaserter Material. Mit fortschreitendem Rotteprozess sollte die Mietengrösse reduziert werden, da Kompost mit zunehmender Reife druckempfindlicher wird.

Wassergehalt

- 40 – 50 % Wasser in der Fischsubstanz sind in jeder Prozessphase ideal. Zu geringe Wassergehalte bewirken eine niedrige Umsatzgeschwindigkeit und eine disharmonische Nährstofffreisetzung. Vernässung muss mit einem Kompostvlies oder einem Witterungsschutz verhindert werden. Gemessen wird mittels Faustprobe oder durch Trocknung einer Probe bei 105 °C.

(Quelle: Substrate im Ökolandbau: FiBL/IGZ/ Uni Kassel; 2005; leicht abgeändert)

Möglicher Temperaturverlauf in einer Miete

I Hitzephase

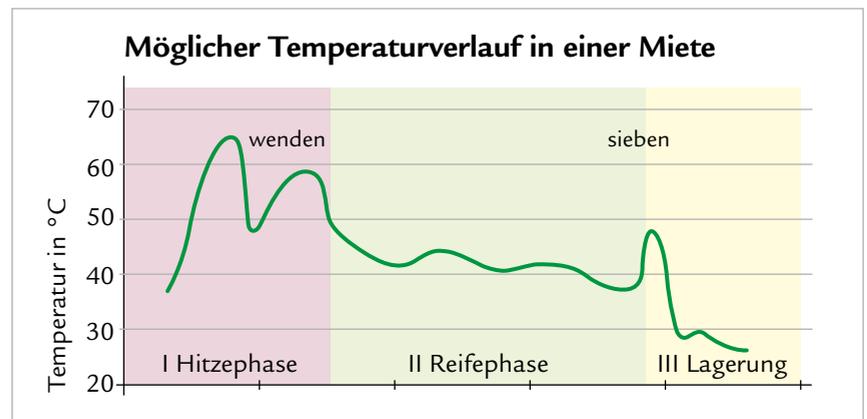
- Zur Hygienisierung mindestens 3 Wochen 55 °C oder 1 Woche über 65 °C sicherstellen (kleine Mieten erwärmen sich weniger, grosse nur in der Mantelzone auf hohe Temperaturen). Dafür ist ein Anteil schnell verrottbares Grünmaterial und Holzhäcksel zur Strukturgebung notwendig. Hohe Anteile Erde und Substrate hemmen die Erwärmung.
- Durch mehrmaliges Umsetzen in der Hitzephase werden auch die äusseren Schichten hygienisiert.
- Der Sauerstoffgehalt sollte nicht unter 10 Vol.-% O₂ sinken. Eine zu intensive Bearbeitung und Sauerstoffzufuhr kann jedoch zu hohen Stickstoffverlusten führen. Eine regelmässig hohe Feuchtigkeit (40 – 50 % Wasser) ist in dieser Phase sehr wichtig.

II Reifephase

- In der Reifephase (40 – 55 °C) werden bei einem optimalen Wassergehalt und einer hohen Sauerstoffzufuhr vor allem Pilze gefördert, die komplexere Stoffe abbauen können (im Gegensatz zu den Bakterien in der ersten Phase).
- Die Stickstoffverluste sind in dieser Phase relativ gering und die Bedingungen für die Bildung von Nitrat erst in diesem Temperaturbereich günstig.
- Sauerstoffgehalte über 15 % sind anzustreben.

III Lagerung

- Die Lagerphase beginnt mit dem Sieben. Danach ist ein Schutz gegen Vernässung, Zuflug von Unkrautsamen, Trauermücken und Überhitzung nötig (z. B. Kompostvlies):
- Die Sauerstoffversorgung muss sichergestellt werden.



C/N-Verhältnis

Das Verhältnis von Kohlenstoff (C) zu Stickstoff (N) der organischen Substanz (Rottemischung) ist ein brauchbares Mass für die Beurteilung der Zersetzbarkeit der organischen Substanz.

Bei einem C/N-Verhältnis grösser als 25 neigt Rottematerial dazu, Stickstoff zu fixieren. Mikroorganismen werden in ihrer Vermehrung und Aktivität eingeschränkt, die Kompostreifung verzögert sich. Bei grösserer Überschreitung kann es später auch zu einer Stickstoffzehrung bei den Kulturen kommen (siehe „C/N-Verhältnis und Stickstoffmobilisierung“, Seite 18).

Bei einem engem C/N-Verhältnis, bzw. wenn wenig leicht abbaubare Kohlenstoffverbindungen vorliegen (reifer Kompost, Humus,

Torf), wird organisch gebundener Stickstoff in mineralische Formen umgewandelt. Diese sind wasserlöslich oder gasförmig. Liegt eine solche Situation vor (Laboranalyse), muss besonders gut darauf geachtet werden, dass der Kompost nicht zu trocken wird (gasförmige Stickstoffverluste als Ammoniak oder NO_x), aber auch nicht zu nass (Auswaschungsgefahr und bei anaeroben Verhältnissen auch gasförmige Stickstoffverluste als N₂).

Böden oder Substrate, denen ein organisches Material mit weitem C/N-Verhältnis zugeführt wird, müssen eine Stickstoffdüngung (z. B. „Hauert Biorga Composter“) bekommen. Nur so können die Mikroorganismen die zelluloseartige, ligninhaltige organische Substanz (Rinden, Reisspelzen, Kokosfasern, Papier-Recyclingtöpfe) zersetzen.



Kompostierungsmittel und Impfsubstrat

Startphase

Durch den Zusatz von stickstoffhaltigen Kompostierungsmitteln kann der Kompostierungsvorgang vor allem in der ersten Phase beschleunigt und die Geruchsbildung reduziert werden. Die Wärmeentwicklung wird gesteigert, was sich positiv auf die Hygienisierung auswirkt. Die benötigte Menge Kompostierungsmittel hängt vom Kompostmaterial ab:

- Frischgut: 300 – 400 g „Hauert Biorga Composter“ pro m² und Schicht von 10 bis 15 cm.
- Vorverrottetes Material: 600 – 800 g „Hauert Biorga Composter“ pro m² und Schicht von 10 bis 15 cm.

Reifephase

Will man den Kompost möglichst rasch reifen lassen, kann als Impfmittel nach dem Abklingen der Wärmephase, und zwar beim Umsetzen, dem Kompost einige Schaufeln Landerde oder reifer Kompost zugemischt werden (20 – 30 l pro m³). Dieses Material enthält die notwendigen Mikroorganismen in hoher Menge und Zusammensetzung und ist daher zur Impfung besonders gut geeignet. Das Impfmittel ist aber nur wirksam, wenn es nach der Wärmephase zugesetzt wird. Mikroorganismen, die für die lange Phase der Reifung zuständig sind, würden durch hohe Temperaturen in der ersten Phase geschädigt.

Frischkompost

Drei bis sechs Monate alter Frischkompost kann unter Sträuchern (2 – 3 l/m²) gestreut werden. Frischkompost sollte leicht eingearbeitet werden und darf nicht für Ansaaten, Setzlinge oder Topfpflanzen verwendet werden. Frischkompost eignet sich auch nicht für die Herstellung von Pflanzsubstraten.

Reifkompost

Meist nach sechs bis zwölf Monaten und zwei- bis mehrmaligem Umschichten bzw. Lockern ist Kompost reif; Geruch und Aussehen sind der Walderde ähnlich. Es empfiehlt sich, Reifkompost mit einem Wurf- oder Trommelsieb mit einer Maschenweite von 5 – 25 mm zu sieben, um Holzteile auszuschneiden, da diese sonst das künftige Pflanzenwachstum hemmen. Gesiebter Reifkompost kann auf Blumen- und Gemüserabatten in Mengen von 2 – 3 l/m² ausgebracht oder als Komponente zur Substratherstellung verwendet werden (20 – 50 % Volumenanteil je nach Komposteigenschaft und Substratanforderung). Im Garten sollte der Kompost zwischen März und August oberflächlich eingearbeitet werden. Dabei sind unbedingt die Dosierungsempfehlungen zu beachten, denn auch zuviel Kompost kann den Gartenboden überdüngen. Es empfiehlt sich auch, den Gartenboden alle paar Jahre analysieren zu lassen. Kompost enthält reichlich Phosphor und z. T. auch Kalium und Kalk, aber eher wenig Stickstoff, was bei ungenügendem Wachstum eine Ergänzungsdüngung mit Stickstoff erforderlich macht.

Was tun wenn ...?

Problem	Lösung
Material ist zu trocken: Das Material lässt sich nicht zu einem Ballen formen.	Wasser zugeben (langsam und gleichmässig überbrausen, bis Wasser ca. auf ½ Mietenhöhe eingesickert ist) oder frisches, feuchtes organisches Material (Rasenschnitt, Küchenabfälle) beimischen.
Kompost ist zu nass, stinkt: Beim Zusammendrücken einer Handvoll Kompost tritt Wasser aus; der Kompostriecht unangenehm und ist schmierig.	Kompost abdecken mit Plane und/oder trockenem, angerottetem Kompost oder Häckselmaterial beimischen und gut lockern.
Kompost wird nicht heiss: Zu hoher Wassergehalt und/oder zu verdichtet. Zu wenig holziges Strukturmaterial, zu kleine Miete, fehlender verfügbarer Stickstoff.	Holzschnitzel (Häcksel) mit stickstoffhaltigem Kompostierungsmittel versetzt („Hauert Biorga Composter“) dem Kompost beim Umsetzen zur Strukturverbesserung in grösserer Menge zugeben (grössere Miete). Vor Vernässung schützen.

Reifetests

Geruchstest

Mit einer Schaufel sind an acht bis zwölf Stellen Einzelproben entnehmen. Querschnitt durch den Haufen (Mantel-, Mittel- und Kernbereich) wählen. Faulige Gerüche deuten auf eine schlechte Pflanzenverträglichkeit hin. In diesem Fall muss ein Kresstest durchgeführt werden.

Kresstest

Zwei Schalen oder ein Teller werden mit 2 – 3 cm gesiebt Kompost gefüllt^{*)}, angefeuchtet und danach wird Kresse eingesät. Die eine Schale wird mit Frischhaltefolie (transparent) abgedeckt, die andere bleibt offen. Schalen danach an einen hellen, aber unbesonnten Ort stellen. Nach zwei bis drei Tagen sollten die meisten Samen keimen.

Wenn eine Woche später sattgrüne Blätter und gut entwickelte weisse Wurzeln entstehen, so ist der Kompost reif und man kann ihn problemlos für alle Kulturen verwenden. Keimen die Saaten aber schlecht, stinkt es beim Öffnen des abgedeckten Gefässes oder sind die Blätter des abgedeckten Verfahrens vergilbt oder abgestorben, so fehlt dem Kompost noch die nötige Reife oder er weist eine Fehlrotte auf (Gärung).

Empfehlung: Zur Kontrolle eine dritte Schale mit einwandfreiem Substrat als „Nullparzelle“ anlegen. Der Wachstumsvergleich zwischen dem einwandfreien und zu testenden Substrat schafft die Sicherheit, dass das Wachstum vom Substrat und nicht von anderen Faktoren (Saatgut oder Standort) beeinflusst wurde.

^{*)} Es kann auch ein Konfitüre-Glas zur Hälfte mit Kompost gefüllt werden.

Kompostanalysen

Komposte, die in den Handel gebracht werden, müssen gemäss der geltenden Gesetzgebung regelmässig untersucht werden (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung). Damit die Analysen von den offiziellen Kontrollstellen akzeptiert werden, müssen sie von einem anerkannten Labor durchgeführt worden sein. Eine Schweizer Liste ist bei der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART erhältlich. Mit dieser Analyse werden die notwendigen Informationen für die Anwendbarkeit im Freiland (Flächenausbringung) erhoben, also z. B. für die Erstellung einer Dünger- und Schwermetallbilanz.

Will man aber ein Pflanzsubstrat herstellen, sind andere Eigenschaften hilfreicher, denn die praktische Verwendbarkeit bzw. der Mengenanteil im Substrat wird vor allem von der Menge leicht verfügbarer Nährstoffe pro Volumeneinheit und der Textur bestimmt. Diese Werte müssen von einem sachkundigen Labor erhoben werden. Das Labor sollte ebenfalls eine Beratung abgeben können, wie viel Kompost mit welchen Komponenten zu mischen sind, um eine Pflanzerde herzustellen, die den Kulturansprüchen gerecht wird. Das Labor von „Hauert Dünger“ verfügt diesbezüglich über Erfahrung sowohl im analytischen wie im gärtnerischen Bereich.



Kompost sterilisieren?

Kompost, der die nötige Hitzephase durchlaufen hat, sollte nicht sterilisiert werden, da dadurch die Fähigkeit zur Krankheitsunterdrückung verloren geht. Gärtnerkomposte mit einem hohen Anteil Erde und Substrat erreichen die nötigen Temperaturen jedoch oft nicht. In diesem Fall ist es sinnvoll, das Endprodukt zu sterilisieren und dieses danach für eine optimale mikrobiologische Besiedelung mit einer günstigen Mikroflora mit ca. 10 % Qualitätskompost zu impfen.

Dosierempfehlung für Reifkompost

Kultur	Kompostmenge	Ergänzungsdüngung im Frühjahr pro 6 m ² (ca. Beetfläche)
Starkzehrendes Gemüse	3 – 4 Liter pro m ² und Jahr	Ca. 3 Joghurtbecher Hornmehl oder ca. 6 Joghurtbecher phosphorfreien oder phosphorarmen Gartendünger (z. B. „Hauert Biorga Organos“ oder „Hauert Bio Langzeitdünger“).
Mittelzehrendes Gemüse	2 – 3 Liter pro m ² und Jahr	Ca. 2 Joghurtbecher Hornmehl oder 4 Joghurtbecher phosphorfreien oder phosphorarmen Gartendünger (z. B. „Hauert Biorga Organos“ oder „Hauert Bio Langzeitdünger“).
Schwachzehrendes Gemüse	1 – 2 Liter pro m ² und Jahr	Ca. 1 Joghurtbecher Hornmehl oder 2 Joghurtbecher phosphorfreien oder phosphorarmen Gartendünger (z. B. „Hauert Biorga Organos“ oder „Hauert Bio Langzeitdünger“).
Obstbäume, Sträucher, Reben	1 – 3 Liter pro m ² und Jahr	Ca. 30 – 40 g Hornmehl oder Hornspäne.
Blumenrabatten	2 – 3 Liter pro m ² und Jahr	Ca. 30 – 40 g phosphorfreien oder phosphorarmen Gartendünger (z. B. „Hauert Biorga Organos“ oder „Hauert Bio Langzeitdünger“).
Beeren	2 – 3 Liter pro m ² und Jahr	Ca. 40 – 50 g Hornmehl oder Hornspäne.

Massnahmen zur Korrektur des pH-Wertes und der Wasserhärte

Aufkalkung von Böden

Bei tiefen pH-Werten gedeihen in mineralischen Böden viele Pflanzen nicht mehr optimal. Gleichzeitig können ein Calcium- und oft auch noch ein Magnesiummangel vorliegen. Die nachstehende Tabelle gibt Richtwerte für die Aufkalkung (Meliorationskalkung vor Pflanzung) für gartenbauliche Flächen und Freilandbaumschulen an.

Davon ausgenommen sind Kulturen mit speziellen pH-Ansprüchen. Bei säureliebenden Kulturen sollten die Calcium- und Magnesiumreserven analysiert werden und es muss, wenn nötig, mit Calcium- und Magnesiumdüngern ohne basische Wirkung gedüngt werden.

Kalkmenge als kohlenaurer Kalk (CaCO_3)¹⁾ in kg pro ha

pH	leichte, sandige Böden	mittelschwere, lehmige Böden ²⁾	schwere, tonige Böden ²⁾
< 5,3	3500	5500	6000
5,4–5,8	2500	4500	5500
5,9–6,3	1500	3500	4500

¹⁾ 100 kg kohlenaurer Kalk sind 56 kg CaO äquivalent.

²⁾ Mengen über 3500 kg/ha auf 2 Kalkungen aufteilen im Abstand von 2 Jahren.

Einstellung und Steuerung des pH-Wertes in Substraten auf Torfbasis

Die häufigste Art, den pH-Wert eines Substrats zu steuern, sind die Aufkalkung, die Steuerung der Wasserhärte sowie die Wahl des geeigneten Düngers.

Da die Torf- und Kalkeigenschaften variieren können, sollte eine Probemischung hergestellt und der pH-Wert gemessen werden.

Kultur	Härte des Giesswassers	Aufkalkung des Substrats, bezogen auf reinen Weisstorf, pH 3,8–4	Bewässerungsdüngung
Säureliebende Kulturen, pH-Optimum von 4–5	Regenwasser, weiches Wasser bis 15 °fH oder 8 °dH	1 kg kohlenaurer Kalk (pulverförmig) pro m ³	Physiologisch saure Düngung, zum Beispiel mit „Hauert Ferty 1 Spezial“ 18+6+12
Kulturen mit einem optimalen pH-Bereich von 5–6	Regenwasser, weiches Wasser	3–4 kg kohlenaurer Kalk (pulverförmig) und 2–3 kg Feingrit pro m ³	Physiologisch saure Düngung, zum Beispiel mit „Hauert Ferty 1 Spezial“ 18+6+12
	mittelhartes Wasser 15–25 °fH oder 8–14 °dH	3–4 kg kohlenaurer Kalk (pulverförmig) und 1–2 kg Feingrit pro m ³	
	hartes Wasser über 25 °fH oder 14 °dH	3 kg kohlenaurer Kalk (pulverförmig) pro m ³	
Kulturen mit einem optimalen pH-Bereich von 6–7,5	Regenwasser, weiches Wasser	4–5 kg kohlenaurer Kalk (pulverförmig) und 3–4 kg Feingrit pro m ³	Alkalische Nachdüngung im Extremfall
	Mittelhartes Wasser, hartes Wasser	4–5 kg kohlenaurer Kalk (pulverförmig) und 1–2 kg Feingrit pro m ³	Neutrale bis leicht saure Düngung

Senkung des pH-Wertes im Boden/Substrat

Der pH-Wert kann durch die Einarbeitung von Torf oder von elementarem Schwefel („Hauert Schwefel gekörnt“) gesenkt werden. Elementarer Schwefel wird durch Bodenorganismen umgesetzt. Diese Umsetzung führt zur pH-Senkung. Je nach Pufferung des Bodens ist sie mehr oder weniger stark. Dieser Vorgang setzt einen biologisch aktiven Boden/Substrat und eine gute Durchlüftung voraus. Bei Temperaturen um 20 °C wird das Minimum je nach zugesetzter Schwefelmenge nach sechs bis zehn Wochen erreicht.

Faustregeln für die „Kalkneutralisation“:

Mit 1 kg elementarem Schwefel können 3,2 kg Kalk neutralisiert werden.

Im gewachsenen Boden

Das durch die Umsetzung gebildete Sulfat erhöht den Salzgehalt des Bodens. Elementarer Schwefel darf deshalb nur in kleinen Gaben ausgebracht werden. Schwefel wird mit Vorteil 20 cm tief eingearbeitet.

pH-Senkung um ca. 0,5 pH-Einheiten bei Einarbeitungstiefe von 20 cm mit „Hauert Schwefel gekörnt“

Die zweite Applikation ca. 2 – 3 Monate nach der ersten vornehmen, aber vorher den pH-Wert messen!

Bodenart	Sandboden		Lehmboden	
	kalkarm	mässig kalkhaltig	kalkarm	mässig kalkhaltig
Schwefelmenge (g/m ²)	2 x 60	2 x 120	2 x 85	2 x 135

Im Kultursubstrat

Der Einsatz von elementarem Schwefel muss vorsichtig geplant werden.

In einem schwach gepufferten Substrat (z. B. auf Torf- oder Torfersatzbasis) oder in komposthaltigen, aber kalkfreien Substraten sinkt der pH-Wert mit 1 kg Schwefel/m³ um bis zu 0,7 pH-Einheiten. Gleichzeitig steigt der Salzgehalt in einem Zeitraum von acht bis zwölf Wochen um 0,5 bis 0,8 mS/cm (1:1,5-Volumenextraktion).

Faustregel

Mit 1 kg elementarem Schwefel pro m³ Substrat wird der pH-Wert um 0,4 bis 0,7 Einheiten gesenkt.

Vorsicht bei schwach gepufferten Substraten

In schwach gepufferten Substraten (Torf- oder Torfersatzbasis) oder in komposthaltigen, aber kalkfreien Substraten kann der Salzgehalt schnell stark ansteigen (in acht bis zwölf Wochen um 0,5 bis 0,8 mS/cm (1:1,5-Volumenextraktion)).

Achtung Mangan

In komposthaltigen Substraten sind die Manganreserven oft relativ hoch. Eine pH-Senkung führt dann zu einer beträchtlichen Freisetzung von Mangan in leicht pflanzenverfügbarer Form. Dies kann zu Lasten der Eisenaufnahme gehen.

Die Verwendung von hartem Giesswasser bewirkt einen Anstieg des pH-Wertes in Substraten.

Durch die Zugabe von Schwefel kurz vor der Verwendung des Substrats kann dieser Effekt kompensiert werden. Lange Lagerzeiten des Substrats können aber zu pH-Absenkungen unter den tolerierbaren Bereich führen (weil dann die Bewässerung mit hartem Wasser ausbleibt). Deshalb darf der Schwefel zur pH-Absenkung erst kurz vor der Verwendung des Substrates zugesetzt werden.



Schwefelbedarf (g/m³)

Angabe in französischen Härtegraden: 1,6 x Kulturdauer in Wochen x °fH = g Schwefel/m³

Angabe in deutschen Härtegraden: 2,7 x Kulturdauer in Wochen x °dH = g Schwefel/m³

Dies gilt unter den folgenden Voraussetzungen:

- Mittleres Substrat (30 % Kompost, wenig Landerde, 30 % Torf und ca. 40 % Torfersatz),
- Kulturdauer bis zu 20 Wochen.

Dies sind Richtwerte. Es empfiehlt sich unbedingt, über die gesamte Kulturdauer einen Vorversuch mit mehreren Schwefelstufen durchzuführen!

Die Wasserenthärtung

Die Gesamthärte des Wassers ist für die Pflanzen nicht von Bedeutung, lediglich die Karbonathärte (ein Teil der Gesamthärte) muss vermindert werden. Teure Verfahren, wie die Enthärtung durch Ionenaustauscher oder Vollentsalzungsanlagen, entfernen zwar Salze aus dem Wasser, aber auch das für die Pflanzenernährung wichtige Calcium.

In Regionen mit versalztem Wasser ist eine Vollentsalzung notwendig. In Deutschland und

der Schweiz ist die Qualität des Leitungswassers jedoch so gut, dass dies nicht notwendig ist.

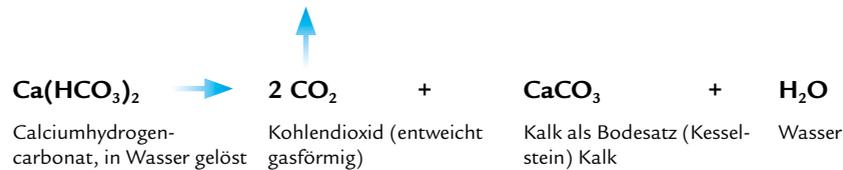
Bei Enthärtungsverfahren auf „Austauscherbasis“, wie sie recht oft in Anlagen in Grossgebäuden anzutreffen sind, muss ausserdem darauf geachtet werden, dass das Calcium nicht durch ein unerwünschtes Element wie Natrium ausgetauscht wird. Dies ist bei Hydrokulturen in Gebäuden mit Enthärtungsanlagen von Bedeutung.



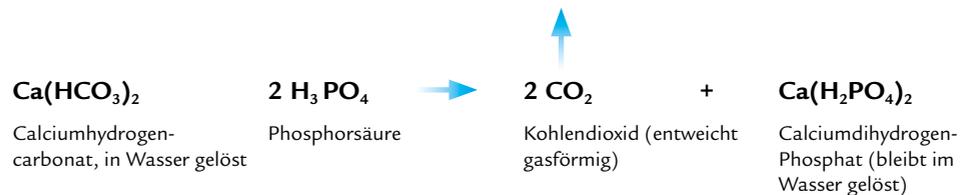
Details zur Wasserenthärtung

Karbonathärte ist derjenige Teil des Calciums (und Magnesiums), welcher als Hydrogencarbonat (HCO_3^-) vorliegt. Durch Kochen wird Kohlensäure aus dem Wasser entfernt und der Rest des Hydrogencarbonates fällt wieder als Kalk aus. Deshalb wird die Carbonathärte gelegentlich auch als „temporäre Härte“ bezeichnet. → **Siehe auch Kapitel 5 „Wasser, Wasserhärte“**

Enthärtung durch Kochen



Enthärtung mit Säure (Bsp. Phosphorsäure)



Enthärtung nicht unter 10 °fH

Die Karbonathärte darf nicht unter eine Resthärte von 10 °fH (5 °dH) fallen.

Der pH-Wert des enthärteten Wassers muss über 5,5 liegen, sonst besteht die Gefahr eines pH-Sturzes. Wird Giesswasser bis auf 10 °fH enthärtet, muss anschliessend nitratbetont

nachgedüngt werden, denn die Pufferkapazität des Wassers fängt die versauernde Wirkung von Ammoniumstickstoff nicht mehr auf.

Vorsicht beim Hantieren!

Bei der Verwendung von starken Säuren ist eine Schutzausrüstung (Schutzbrille usw.) erforderlich. Gesetzliche Lagervorschriften beachten!

Enthärtung mit chemischen Zusätzen

	Menge (g/m ³ oder ml/m ³)		Menge (g/m ³ oder ml/m ³) bei ... Härtegrad								Hinweise
	°fH	°dH	°fH	10	15	20	25	30	35	40	
			°dH	5	8	11	14	17	20	22	
Säurezufuhr mit Dosierpumpe											
Salpetersäure 62 %	14,6	26,1		0	73	146	219	293	365	438	Stickstofflieferant, gefährliche Handhabung.
Phosphorsäure 75 %	18,2	32,5		0	91	182	P-Konzentration in der Nährlösung wird zu hoch			Anwendung limitiert wegen P-Konzentration; gefährliche Handhabung.	
„Hauert Aqua-Balance“	20	33		0	100	200	300	400	500		Organische Säure.
Enthärtung in einem Bassin											
Schwefelsäure 97 %	5,5	9,8		0	28	55	83	110	138	165	Bildung von Calciumsulfat als Ballast Salz (verursacht evtl. Blattflecken); gefährliche Handhabung.
Ammoniumoxalat	7,1	12,7		0	31	71	106	142	178	213	Fällung in Bassin, Entfernung von ½ Calcium und ½ Enthärtung durch NH ₄ ⁻ N, verursacht keine Blattflecken.
Oxalsäure	12,6	22,5		0	63	126	189	252	315	378	Fällung in Bassin, Entfernung von Calcium, 2 – 3 Std. Absetzzeit, verursacht keine Blattflecken.
pH-Senkung im Wurzelraum											
Ammoniumstickstoff (g N/m ³)	2,8	5,0		0	14	28	42	56	70	84	Risikoarm und pflanzenphysiologisch optimal; reagiert eher träge, wirkt im Wurzelraum.

Mit diesen Enthärtungsmitteln werden dem Wasser auch Nährstoffe zugeführt (Mengen in g/m³ bei Dosierung gemäss Tabelle links)

Enthärter	Nährstoff	Menge (g/m ³ oder ml/m ³) bei ... Härtegrad							
		°fH	10	15	20	25	30	35	40
		°dH	5	8	11	14	17	20	22
Salpetersäure 62%	N		0	14	28	42	56	70	84
Phosphorsäure 75%	P		0	33	65	P-Konzentration in der Nährlösung wird zu hoch.			
Schwefelsäure 97%	S		0	16	32	48	64	80	96
Ammoniumoxalat	N		0	7	14	21	28	35	42
Ammoniumstickstoff	N		0	14	28	42	56	70	84

Physikalische Enthärtungsverfahren

Durch Anlegen von Magnetfeldern kann die Kristallisation von Kalk beeinflusst werden. Dieses Verfahren wird in der Praxis mit Erfolg angewendet, denn es verändert nicht die Wasserhärte an sich, sondern beeinflusst die Form des Niederschlags, sodass Kalkablagerungen deutlich reduziert werden. Bevor eine

solche Anlage angeschafft wird, sollte aber die Wirksamkeit für die vorgesehene Verwendung in der Praxis überprüft werden, insbesondere sollte man sich vergewissern, dass tatsächlich Blattflecken, Ablagerungen an Tropfern und die Anhebung des pH-Wertes im Substrat vermieden werden.

Diagnoseschema Mangelerkrankungen

Symptome an gesamter Pflanze bzw. lokalisiert an älteren Blättern			
Pflanzenwachstum deutlich geringer; Nekrosen und Vertrocknung. Starrtracht, Pflanzen klein	Blätter hellgrün bis gelbgrün. Aufhellung beginnt bei Blattspitze. Nach Vergilbung des ganzen Blattes beginnt es zu vertrocknen. Stängel kurz und dünn. Achtung: bei Kreuzblütlern verfärben sich Blätter und rot.	Stickstoff (siehe Seite 37)	
	Pflanzen dunkel- bis blaugrün. Stängel, Blattstiele und Adern oft rot bis purpurfarben. Untere Blätter z.T. gelbbraunrot vertrocknet. Stängel kurz und dünn.	Phosphor (siehe Seite 38)	
Symptome meistens lokalisiert; chlorotische Fleckenbildung mit oder ohne Nekrosen bzw. abgestorbene Zonen an den Basalblättern. Mit oder ohne Absterben der Basalblätter	Gramineen: perlschnurartige Chlorosen längs der Adern an älteren Blättern. Chlorosen werden später zu Nekrosen. Beginnt an Blattspitze. Zweikeimblättrige: gelbgrüne bis gelbe Chlorosen zwischen den Blattnerven. Blattnerven mit breitem grünem Saum. Blattränder häufig noch grün. Spitzen und Ränder aufwärts gewölbt. Stängel häufig dünn. Nadelbäume: gelbe Nadeln	Magnesium (siehe Seite 39)	
	Welketracht: weisse bis weissbraune Punktierung entlang des Blattrandes, sonst meist von Blattspitze und Blattrand ausgehende Chlorosen mit nachfolgenden braunen, graubraunen, rötlichbraunen bis dunkelbraunen Nekrosen; später zusammenfliessend flächenartig. Häufig massenhaftes Absterben der älteren Blätter. Nadelbäume: rote bis rotbraune Verfärbung der Nadeln.	Kalium (siehe Seite 38)	
Spitzenblätter, jüngere bis mittlere Blätter, z.T. Absterben des Vegetationspunktes. Symptome vorwiegend lokalisiert.			
Terminalknospe wächst weiter, jüngere bis mittlere Blätter welken, mit Chlorosen oder Nekrosen.	Olivgrüne Blätter, später Chlorosen über das ganze Blatt verteilt. Chlorosen zuerst tüpfchenartig, fliessen später zusammen, werden nekrotisch. Gramineen: Streifen- bis Fleckennekrosen, häufig in graubraune Flecken mit z.T. dunklerer Umrahmung übergehend. Abknicken der Blattspreiten. Zweikeimblättrige: zwischen den Blattadern netztüpfchen- oder mosaikartige Nekrosen. Nekrosen perforieren später. Grün gesäumte Hauptadern. Geringe Wurzelbildung.	Mangan (siehe Seite 40)	
	Jüngste Blätter zeigen Chlorosen, meist ohne Nekrosen; Adern entweder hell- oder dunkelgrün. Adern zum Teil ebenfalls chlorotisch.	Gelbgrüne, dann zitronengelbe bis gelbweisse Blattspreiten. Hauptadern jedoch grün, scharf abgegrenzt. Bei starkem Mangel auch Adern chlorotisch und braune Nekrosen auf den Blattflächen	Eisen (siehe Seite 40)
		Blätter einschliesslich der Hauptadern hellgrün bis gelbgrün und gelb. Blattadern oftmals heller als die Blattspreite. Starrtracht, ähnlich wie bei N-Mangel. Spross kurz und zart. Bei starkem Mangel rötlich bis purpurfarbene Farbtöne bis blauviolette Farbtöne, besonders an Blattrippen.	Schwefel (siehe Seite 39)
		Gramineen: Blätter erscheinen welk und sterben meist unter Weissverfärbung, Rollen bzw. Verdrehen und Abknicken ab. Starke Bestockung der in Bodennähe grünen Pflanzen. Zweikeimblättrige: Junge Blätter welk und z.T. missgestaltet. Blattspreiten zwischen Adern hellgelb mit gelbweissen bis braungelben Nekrosen. Blütenstände missgestaltet, Vertrocknen und Verkahlen der Zweigenden. Nadelbäume: spiraliges Verdrehen der endständigen Nadeln und Abbiegen der Zweige und Sprossspitze.	Kupfer (siehe Seite 41)
Nach dem Erscheinen von Verformungen an den jüngsten Blättern, von der Spitze oder am Stängelsansatz beginnend. Absterben der Terminalknospen („Herz“). Blattrand- und Innenblattnekrosen.	Junge Blätter der Spitzentriebe haken- bzw. krallenförmig an der Spitze abgebogen. Eintrocknen und Aufreissen der Blattspreite, beginnend an Spitzen und Rändern mit hell- bis weissgrüner, zum Teil auch graubrauner Verfärbung. Stängel knicken unterhalb der Blüten- oder Sprossspitze ab. Blütenendfäule bei Früchten. Stippigkeit bei Äpfeln. Blattrand- und Innenblattnekrosen bei Gemüsepflanzen (Salate)	Calcium (siehe Seite 38)	
	Verdicken und hellgrüne Verfärbung der Endknospe („Herz“). Blätter verformt, missgestaltet, verdreht und verkümmert. Häufig verdickt, starr und spröde. Verkürzte Internodien, gestauchter Spross. Terminalknospen sowie Vegetationspunkte sterben unter Braun- und Schwarzwerden ab „Herz- und Trockenfäule“. In Stängeln und Strünken hohle Stellen. Bei Obstbäumen „Blütenwelke“, „Besenbildung“ und „Steinigkeits der Früchte“ (bei Birnen)	Bor (siehe Seite 39)	

Diagnoseschema Mangelerscheinungen

Symptome an jüngeren und/oder älteren Blättern und Organen je nach Pflanzenart und dem Zeitpunkt des Auftretens.

<p>Leguminosen: Symptome, wie sie bei anderen Pflanzenfamilien bei N-Mangel auftreten. Blätter bei anderen Kulturpflanzen:</p> <p>Brassica-Arten: Blattflächen graugrün bis blaugrün gefärbt. Gescheckte und an den Rändern aufgerollte, gekräuselte Blätter mit reduzierter Blattspreite. Mittelrippen wachsen oft allein mit stark reduzierten oder ohne Blattspreiten („Peitschenstiel-Erkrankung“ bei Blumenkohl). Vegetationspunkt stirbt unter Verdrehen der Herzblätter ab („Klemmherzigkeit“ der Kohlarten).</p>	Molybdän
<p>Chlorotische, sich schnell vergrößernde Flecken mit kleinen oder grösseren abgestorbenen Zonen (Aufhellen, bis zu weisser Farbe). Grüner Saum entlang der Adern, von den älteren Blättern ausgehend und sich über die ganze Pflanze ausbreitend, allgemein auf die Flächen zwischen den Blattnerven begrenzt. Jüngere Blätter meist dick, spröde und sehr klein. Spross gestauch („Zwergwuchs“) mit büschelartig angeordneten Blättern („Rosettenbildung“).</p>	Zink (siehe Seite 41)

Mangel wahrscheinlich, wenn pH-Wert des Bodens

 eher tief

 eher hoch

 pH-Werte nicht von Bedeutung (innerhalb des pH-Bereichs 5,5 bis 8)

(Quelle: Zorn et al. 2007; verändert)

Umrechnungsfaktoren für verschiedene Nährstoffformen

Gegeben		Faktor	Gesucht	
P	Phosphor	2,291	P ₂ O ₅	Phosphat
P ₂ O ₅	Phosphat	0,436	P	Phosphor
K	Kalium	1,205	K ₂ O	Kaliumoxid
K ₂ O	Kaliumoxid	0,830	K	Kalium
Ca	Calcium	2,497	CaCO ₃	Kohlensaurer Kalk
Ca	Calcium	1,399	CaO	Gebrannter Kalk
CaO	Gebrannter Kalk	0,715	Ca	Calcium
CaO	Gebrannter Kalk	1,785	CaCO ₃	Kohlensaurer Kalk
CaCO ₃	Kohlensaurer Kalk	0,400	Ca	Calcium
CaCO ₃	Kohlensaurer Kalk	0,561	CaO	Gebrannter Kalk
Mg	Magnesium	1,658	MgO	Magnesiumoxid
MgO	Magnesiumoxid	0,603	Mg	Magnesium
S	Schwefel	2,995	SO ₄	Sulfit
S	Schwefel	2,498	SO ₃	Sulfit
SO ₄	Sulfat	0,334	S	Schwefel
SO ₃	Sulfit	0,401	S	Schwefel

Einstufung des Düngungsniveaus für Rasenflächen

Jedes Kriterium (1-8) muss bewertet werden:			Düngungsniveau-Punkte	
1	Nutzungsart			
	Extensiv-Rasen		8	
	Zierrasen		12	
	Training / Schulsport / Gebrauchsrasen		12	
	Wettkämpfe		15	
	Golfgreen		20	
2	Boden / Aufbau			
	Konventioneller Aufbau (Humus-Oberboden / Zierrasen)		0	
	Verbesserter Oberboden und Verschleisschicht		1	
	Tragschichtaufbau / Sandaufbau mit Drainschicht		3	
3	Org. Substanz / Farbe			
	humos / dunkel / stark braun (>5%)		0	
	mittel (3-5%)		2	
	humusarm/ hell / gelblich (<3%)		3	
4	Belastung			
	gering = Spieldauer bis 15 h / Woche und Zierrasen		0	
	mittel = Spieldauer 15-25 h / Woche		3	
	hoch = Spieldauer über 25 h / Woche		4	
5	Saisonlänge			
	Spielsaison bis 7 Monate		0	
	Spielsaison grösser 7 Monate		3	
6	Schnittgutabraum			
	Schnittgut bleibt liegen		0	
	Schnittgut wird überwiegend abgeräumt		5	
7	Unkrautbesatz			
	normal		0	
	erhöht		2	
	hoch		4	
8	Alter der Anlage			
	über 3-jährig		0	
	bis 3-jährig		3	
Total der Punkte				

maximal zu vergebende Punkte bei (Limitierung):			Punkte: Limitierung berücksichtigt	
Extensiv-Rasen			15	
Zierrasen			20	
Training / Schulsport / Gebrauchsrasen			30	
Wettkämpfe			35	
Golfgreen			35	

Berechnung des Nährstoffbedarfs

Nährstoff	Nährstoff-Verhältnis		Korrektur-Faktor *)		Punkte **)		Düngung (g Nährstoff pro m ²)
N	1	x	1	x		=	
P ₂ O ₅	0,3	x	1	x		=	
K ₂ O	0,6	x	1	x		=	
Mg	0,1	x	1	x		=	

*) aus Bodenanalyse übernehmen, falls vorhanden. Sonst „1“ einsetzen

**) Summe der Bewertungen 1- 8, ggf. Limitierung nach Nutzungsart

bitte Werte einfügen

Wert übertragen

Interpretationsschema für Nährstoffanalysen mineralischer Böden

Leicht verfügbare Nährstoffe im Wasserextrakt (1:2-Volumen-Methode)

Freilandböden						
Analyse	Einheit	Versorgungsstufen				
		A = tief	B = mittel	C = normal	D = hoch	E = sehr hoch
N (NO ₃ + NH ₄)	µmol/Liter *)	< 100	100 - 250	250 - 750	750 - 2'200	> 2'200
P	µmol/Liter *)	< 5	5 - 10	10 - 30	30 - 60	> 60
K	µmol/Liter *)	< 50	50 - 100	100 - 300	300 - 600	> 600
Mg	µmol/Liter *)	< 50	50 - 100	100 - 300	300 - 600	> 600
Ca	µmol/Liter *)	< 150	150 - 300	300 - 600	600 - 1'200	> 1'200
Salzgehalt	µS/cm	< 50	50 - 100	100 - 300	300 - 400	> 400
Humus	% TS	< 2.5	2.5 - 3.5	3.5 - 5.0	5.0 - 7.5	> 7.5
pH (Wasser)		< 5.5	5.5 - 6.5	6.5 - 7.5	7.5 - 8.0	> 8.0

Gewächshausböden und fest installierte Hochtunnels						
Analyse	Einheit	Versorgungsstufen				
		A = tief	B = mittel	C = normal	D = hoch	E = sehr hoch
N (NO ₃ + NH ₄)	µmol/ Liter *)	< 250	250 - 750	750 - 2'200	2'200 - 4'400	> 4'400
P	µmol/ Liter *)	< 10	10 - 30	30 - 70	70 - 140	> 140
K	µmol/ Liter *)	< 100	100 - 300	300 - 800	800 - 1'600	> 1'600
Mg	µmol/ Liter *)	< 100	100 - 300	300 - 600	600 - 1'200	> 1'200
Ca	µmol/ Liter *)	< 300	300 - 600	600 - 1'200	1'200 - 4'800	> 4'800
Salzgehalt	µS/cm	< 150	150 - 300	300 - 600	600 - 1'200	> 1'200
Humus	% TS	< 4.0	4.0 - 6.0	6.0 - 12.0	12.0 - 15.0	> 15.0
pH (Wasser)		< 5.5	5.5 - 6.5	6.5 - 7.5	7.5 - 8.0	> 8.0

Nährstoffreserven (1:10-Ammoniumacetat-EDTA-Gewichtsextraktion)

Mittelschwere Böden mit 5% Humus (Freiland und Gewächshaus)						
Analyse	Einheit	Versorgungsstufen				
		A = tief	B = mittel	C = normal	D = hoch	E = sehr hoch
P	mg/kg TS	< 10	10 - 40	40 - 80	80 - 120	> 120
K	mg/kg TS	< 40	40 - 80	80 - 200	200 - 400	> 400
Mg	mg/kg TS	< 50	50 - 100	100 - 200	200 - 400	> 400
Ca	mg/kg TS	< 1'000	1'000 - 2'000	2'000 - 20'000	20'000 - 40'000	> 40'000

*) Liter Extraktionslösung

Wird ein Tabellenwert genau erreicht, gilt die obere Versorgungsstufe.

Literatur:

- | | | |
|---|---|---|
| Amberger, A., 1988 | Pflanzenernährung | Verlag Eugen Ulmer Stuttgart |
| anonym, 2012 | Handbuch Beeren | Schweizerischer Obstverband, Zug |
| anonym | Symptome von Nährstoffmangel | Kali AG Frauenkappelen |
| Bergmann, W., 1988 | Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen | Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York |
| Buchner, A. et al., 1980 | Gezielter düngen | DLG-Verlags-GmbH Frankfurt |
| Datnoff, E.D. et al., 2007 | Mineral nutrition and plant disease | The American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota U.S.A. |
| Doorenbos, J. et al., 1986 | Yield response to water | FAO Rom |
| Doorenbos, J. et al., 1986 | Crop water requirements | FAO Rom |
| Evers, G., 1998 | Düngelexikon für den Gartenbau | Thalacker Medien Braunschweig |
| Finck, A., 1979 | Dünger und Düngung | Verlag Chemie, Weinheim, New York |
| Fischer, P.; Anneser, K., 2003 | ERNESTO, Bildgestützte Diagnose von Ernährungsstörungen bei Topfpflanzen. | Bezugsquelle FH Weihenstephan, Freising (D) |
| Fliedl R. et al., 2009 | Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau | Agroscope ACW Wädenswil-Changings und ART Zürich |
| Gysi, Ch.; Ryser, J.-P.; Heller, W. und Arbeitsgruppe Bodenuntersuchung in Spezialkulturen, 1993: | Bodenuntersuchung im Obst-, Wein- und Gartenbau | Flugschrift Nr. 129, Eidg. Forschungsanstalt Wädenswil |
| Gysi, Ch.; Ryser, J.-P.; Heller, W., 1997: | Bodenuntersuchung im Gemüsebau | Flugschrift Nr. 112, Eidg. Forschungsanstalt Wädenswil |
| Gysi, Ch.; von Allmen, F.; Heller, W.; Poffet, J. und Wegmüller, H.P.; 1995 | Substratuntersuchung für den Zierpflanzenbau | Flugschrift Nr. 113, Eidg. Forschungsanstalt Wädenswil |
| Hess, J. und Mayer, J. | Biologischer Landbau als Lösung des Stickstoffproblems | Schriftenreihe der FAL 43 |
| Jansen, H.; Bachthaler, E.; Fölster, E. und Scharpf, H.-C., 1984 | Gärtnerischer Pflanzenbau | Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart |
| Koller, M. et al., 2005 | Herstellung und Einsatz komposthaltiger Pflanzsubstrate | FiBL Frick, Universität Kassel (FÖL) Witzenhausen, Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Grossbeeren |
| Labowsky, H.-J. 1994 | Bewässerung im Gartenbau | KTBL Darmstadt |
| Liebgard, J. und Hendriks, L., 1990 | Düngung im Zierpflanzenbau, Taspo Praxis 16 | Verlag Bernhard Thalacker, Braunschweig |
| Liebgard, J. und Molitor, H.-D., 1990 | Geschlossene Kulturverfahren - Zierpflanzenbau, Taspo Praxis 18 | Verlag Bernhard Thalacker, Braunschweig |
| Lutz, M. und Gysi, Ch., 1995 | Nährstoffexport von Topfpflanzen – eine Erhebung in vier Produktionsbetrieben | Gartenbauwissenschaften 60, 49 – 57 |
| Mäder, P. et Koller, M., 2006 | Bodenuntersuchungen für Biobetriebe | FiBL Frick |
| Neuweiler, R. et al. 2008 | Handbuch Gemüse | Verband Schweiz. Gemüseproduzenten Bern |
| Röber, R. und Schaller, K., 1985 | Pflanzenernährung im Gartenbau | Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart |
| Scheffer, F.; Schachtschabel, P.; Blume, H-P., Hartge, K.-H. und Schwertmann, U., 1984 | Lehrbuch der Bodenkunde | Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart |

Spring, J.-L. et al., 2003	Grundlagen für die Düngung der Reben	RAC Changins/ FAW Wädenswil
Stahr, K. et al.	Bodenkunde und Standortlehre	Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
Trenkel, M., 1997	Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture	International Fertilizer Industry Association Paris
Trott, H. et al., 2007	Mikronährstoffe in der Landwirtschaft und im Gartenbau	Bundearbeitskreis Düngung Frankfurt am Main
Wegmüller, H.P. et al., 2004	Das Wichtigste zur Düngung, 6. Ausgabe	Hauert HBG Dünger, AG, Grossaffoltern
Wegmüller, H.P. und Gysi, Ch., 1993	Düngung in der Freilandbaumschule	Flugschrift Nr. 131, Eidg. Forschungsanstalt Wädenswil
Wegmüller, H.P., 1998	Rasen richtig pflegen und düngen	Hauert HBG Dünger AG, Grossaffoltern
Wegmüller, H.P., 2001	Zwölf Jahre Lysimeterversuche in Suberg	Hauert HBG Dünger, AG, Grossaffoltern
Zorn, W. et al., 2007	Handbuch zur visuellen Diagnose von Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen	Elsevier GmbH München

Bildquellen:

Seite 18	Hauert Greta Hoffman, Pexels Mosterkoi, Pixabay LMoonlight, Pixabay
Seite 23	hoozone, iStock
Seite 26:	Koller, Martin, FiBL Frick Lichtenhahn, Martin, FiBL Frick Vieweger, Anja, FiBL Frick
Seite 27	Ricoter Erdaufbereitung AG
Seiten 37–41:	Siehe Quellenhinweise direkt bei den Abbildungen. Zur besseren Demonstration der Mangelerscheinungen wurden die Abbildungen teilweise grafisch bearbeitet.
Seite 76	MarcusPhotography, iStock
Seiten 57, 68, 96–98:	Hauert, SWISS GREEN

Über Hauer

Qualitätsdünger seit zwölf Generationen

Seine Wurzeln hat das Unternehmen Hauer in der Schweiz. In dem kleinen Dorf Grossaffoltern in der Nähe von Bern befindet sich der Hauptsitz der Hauer HBG Dünger AG. 1663 gegründet, wird das Familienunternehmen mittlerweile in der zwölften Generation von Philipp Hauer geleitet. Im Werk am Firmensitz werden mit langjährigem Know-how Dünger für den Profi- und den Hausgartenbereich produziert und vermarktet. Seit langem ist Hauer in diesem Segment Marktführerin in der Schweiz.

Schweizer Qualität für den Garten

Seit Jahren setzt Hauer auf umweltverträgliche Düngemittel. Im Fokus steht dabei stets die nachhaltige Pflanzenernährung. Das Sortiment deckt ein breites Anwendungsgebiet im Garten- und Landschaftsbau ab:

- Dünger für den Hausgarten.
- Dünger für die professionelle Anwendung (produzierender Gartenbau, Landschaftsbau, Baumschulen).
- Dünger für den biologischen Landbau und spezifische Lösungen für Spezialkulturen.

Auch in Deutschland und Österreich

Seit 2007 ist Hauer mit einer Tochtergesellschaft, den ehemaligen Günther Cornufera Düngerwerken mit Sitz in Nürnberg, auch auf dem deutschen und österreichischen Markt vertreten. 2018 übernahm diese die traditionsreichen MANNA Düngerwerke und deren Produktion im schwäbischen Ammerbuch. Seitdem firmiert das Unternehmen unter den Namen **Hauer MANNA Düngerwerke GmbH**.

Innovation durch Forschung und Entwicklung

Hauer investiert kontinuierlich in Forschungs- und Entwicklungsarbeit sowie Verfahrenstechnik und Produktionstechnologie. Nur dies macht den beständigen Erfolg möglich. Eine bahnbrechende Entwicklung ist beispielsweise das sogenannte Sphero-Verfahren, mit welchem sich auch organische Stoffe in optimal streufähige, staubfreie Granulate bester Qualität einbinden lassen.

Maximale Qualität und Sicherheit

Hauer stellt höchste Ansprüche an sich selbst und die Qualität seiner Produkte. Sämtliche Rohstoffe und Fertigprodukte werden im betriebseigenen Labor auf alle für die Düngung relevanten Kriterien geprüft. Konstante Qualität und Rückverfolgbarkeit sind durchgängig gewährleistet. Seit 1997 ist das Unternehmen ISO-9001-zertifiziert.

Lokale Produktion und Logistik

Eine Vielzahl der Produkte wird in der Schweiz hergestellt. Im Werk am Firmensitz stehen geeignete Produktions- und Abfüllanlagen für sämtliche Rohstoffkombinationen sowie eine hohe Diversität an Verpackungsarten für Gross- und Kleinserien zur Verfügung. Im Werk in Ammerbuch (D) werden seit 2022 hauptsächlich die organischen Dünger produziert.

In den firmeneigenen Logistikzentren stehen Hochregallager mit über 10 000 Palettenplätzen zur Verfügung. Die hohen saisonalen Schwankungen des Düngergeschäftes können dadurch optimal bewältigt werden. So ist auch in Spitzenzeiten die Liefersicherheit über die gesamte Sortimentsbreite von rund 1000 Artikeln garantiert.



Unsere Technologien

Für jeden Dünger haben wir das passende Verfahren. Um den vielfältigen Anforderungen an Korngrösse und Qualität gerecht zu werden, hat Hauert fünf Technologien zur Düngemittel-Verarbeitung entwickelt:

- Den Kompaktor und die Granutec für mineralische Dünger
- Die Pelletierung und die Sphero-Anlage für organische und organisch-mineralische Dünger
- Speziell umhüllte Granulate als Langzeitdünger



Granutec-Granulate

Hierbei handelt es sich um mineralische Düngergranulate höchster Qualität, die durch ein neues, hochmodernes Verfahren erstellt werden. Die runden, kompakten Körner enthalten alle exakt die gleiche Zusammensetzung und versorgen jede Pflanze gleichmässig mit Nährstoffen. Die Granulate sind ausgezeichnet rieselfähig und lassen sich staubfrei ausbringen.



Sphero-Granulate

Mit den Sphero-Granulaten hat Hauert ein weltweit einzigartiges Verfahren zur Herstellung von organischen und organisch-mineralischen Düngern entwickelt. Die zylindrischen Körner sind stabil und durch die einheitliche Grösse optimal streufähig. In Kontakt mit Bodenfeuchtigkeit zerfallen die Granulate in ihre kleinsten Einzelteile und setzen die Nährstoffe für die Pflanzen frei.



Langzeitdünger umhüllt

Umhüllte Langzeitdünger sind ideal, um die Pflanzen langfristig mit Nährstoffen zu versorgen. Mit spezifischen Umhüllungen stellen wir Dünger her, die den Boden über ein Jahr lang bevorraten. Abhängig von der Temperatur dringen die Nährelemente nach und nach durch die umschliessende Hülle. Optimal für Kübel, Töpfe und Rabatten.



Methylenharnstoff

Bei Methylenharnstoff (NRF) handelt es sich um ein Harnstoffkondensat, das seinen Stickstoff über einen Zeitraum von etwa drei Monaten mittels mikrobiellen Abbaus freisetzt. Er ist die Grundlage aller unserer nicht umhüllten mineralischen und organisch-mineralischen Langzeitdünger. Methylenharnstoff ist äusserst pflanzenverträglich, enthält keine Umhüllungen und ist zu 100% abbaubar.



Kompaktate

Seit vielen Jahren produzieren wir Kompaktate resp. Splittergranulate für die Herstellung von mineralischen und organisch-mineralischen Düngern. Die Kompaktate weisen eine homogene Korngrösse auf und lassen sich einfach streuen.



Pellets

Wir stellen biologische Dünger in Pelletsqualität in einer Vielfalt an Rezepturen her. Stabilität und Homogenität der Pellets sind wichtige Kriterien für ein gleichmässiges Streubild und maximale Wurfweiten. Die Pellets sind in verschiedenen Korngrössen verfügbar, passend für jede Anwendungsart.



Nährsalz

Unsere Nährsalze sind speziell für die Bewässerungsdüngung konzipiert. Die feinst vermahlene Salze lösen sich hervorragend auf und verhindern so Ausfällungen. Sie bestehen zu 100% aus pflanzenverfügbaren Nährstoffen in pflanzenverträglicher Form.



Flüssig

Unsere Flüssigdünger stellen wir mit grösster Sorgfalt aus allen wichtigen Nährelementen her. Neben den Hauptnährstoffen liefern die Flüssigdünger auch Spurenelemente. Die Nährstoffe sind direkt nach dem Giessen für die Pflanze verfügbar.

Über SWISS GREEN

Nachhaltige und integrierte Pflegekonzepte für Sport- und Golfanlagen

Gegründet 1994, gehört die SWISS GREEN Sportstättenunterhalt AG seit 2017 zur Hauert-Gruppe. Die Rasenexperten von SWISS GREEN bieten eine breite Palette an Dienstleistungen für die fachgerechte und ressourcenschonende Bewirtschaftung von Naturrasenflächen für Sport, Freizeit und Erholung.

- Analysen, Beratung und Coaching
- Pflege und Unterhalt
- Hochwertige Produkte
- Moderne und effiziente Technik
- Forschung und Entwicklung

Professioneller Unterhalt von Sport- und Freizeitarealen

SWISS GREEN erstellt individuelle und standortgerechte Pflegekonzepte für Naturrasen-Grossflächen aller Art wie Stadien, Sport- und Golfplätze sowie Freizeitanlagen. Dabei kommen neueste Technologien und hochwertige Produkte zum Einsatz. Ein qualifiziertes Team sorgt für vitale Rasenanlagen und gewährleistet den höchstmöglichen Nutzen für die Kundschaft.

Das Qualitätsversprechen von SWISS GREEN

SWISS GREEN steht für höchste Qualität und Kundenzufriedenheit. Das Beratungsangebot und die massgeschneiderten Pflegepläne beruhen auf zielgerichteten Dienstleistungen und hochwertigen Produkten. Laufend geschulte Mitarbeitende und zielgerichtete Technik sind die Eckpfeiler für standortgerechte Unterhalts- und Sanierungsarbeiten. Dank massgeblicher Investitionen in Forschung und Entwicklung wird das Angebot kontinuierlich weiterentwickelt und ausgebaut.

SWISS GREEN: der kompetente und zuverlässige Partner für vitale Naturrasenflächen.







Hauert seit 1663

Hauert HBG Dünger AG
Dorfstrasse 12
CH-3257 Grossaffoltern
Schweiz

Tel. +41 (0)32 389 10 10
Fax +41 (0)32 389 10 14

info@hauert.com
www.hauert.com

manna

Hauert MANNA Düngerwerke GmbH
Hahnenbalz 35
D-90411 Nürnberg
Deutschland

Tel. +49 (0) 911 941 18 18 0
Fax +49 (0) 911 941 18 18 1

kontakt@hauert.com
www.hauert-manna.com

SWISS GREEN

SWISS GREEN Sportstättenunterhalt AG
Alte Bernstrasse 53
CH-4573 Lohn SO
Schweiz

Tel. +41 (0)32 677 50 90

info@swissgreen.ch
www.swissgreen.ch