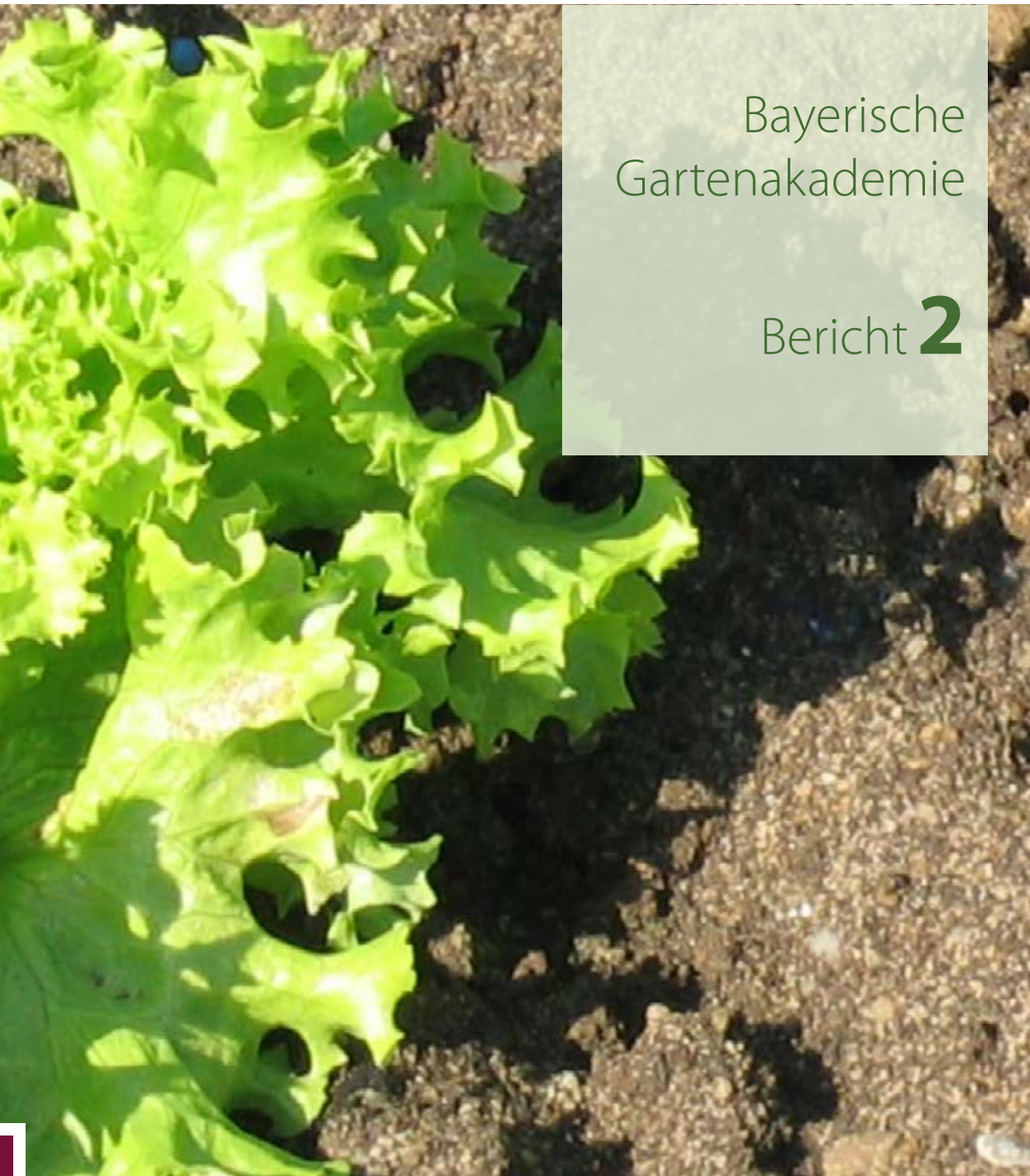




Bayerische Gartenakademie

Bericht **2**

Düngung im Garten

In fünf Schritten zur erfolgreichen Düngung

In Zusammenarbeit mit:

 **WEIHENSTEPHAN • TRIESDORF**
University of Applied Sciences
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Institut für Gartenbau



Bayerischer Landesverband für
Gartenbau und Landespflege e.V.
Dachverband der
Obst- und Gartenbauvereine in Bayern

www.lwg.bayern.de

Düngung im Garten

In fünf Schritten zur erfolgreichen Düngung

Inhalt

Seite

1. SCHRITT	Bodenproben untersuchen Entnahme, Zeitpunkt, Untersuchungen ...	9
2. SCHRITT	Ergebnisse bewerten Phosphat, Kalium, Magnesium, pH-Wert, Kalk ...	17
3. SCHRITT	Nährstoffbedarf ermitteln Gemüse, Stauden, Gehölze, Obst ...	23
4. SCHRITT	Düngewirkung von Bodenverbesserungen Kompost, Mist ...	31
5. SCHRITT	Dünger und Menge Nährstoffe, Berechnung, Zeitpunkt ...	35
i	Informationen zu Nährstoffen Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium ...	43



Vorwort

In Bayern spielt der Freizeitgartenbau schon seit mehr als 100 Jahren eine bedeutende Rolle. Über zwei Millionen Familiengärten mit über 135 000 ha sind ein besonderer Lernort für den einzigartigen Naturkreislauf und die bayerische Gartenkultur. Diese Erfahrungen fördern das Verständnis für den Landbau, für die Wirkmechanismen im Garten und für den Naturschutz zur Erhaltung unserer Lebensgrundlagen.

Der Spruch „Viel hilft viel“ hat in Fragen der Düngung im Garten längst ausgedient. Ganz im Gegenteil herrscht bei den Freizeitgärtnern hier viel Unsicherheit vor. Aus Angst vor nitratreichem Gemüse oder der Auswaschung von Nährstoffen in das Grundwasser wird teilweise sogar überhaupt nicht oder sehr einseitig gedüngt. Dabei würde eine bedarfsgerechte Düngung zu Erfolgserlebnissen verhelfen und damit die Freude am Garten erhöhen.

Doch die richtige Düngung im Garten ist eine durchaus anspruchsvolle Aufgabe. Es besteht daher, wie auch im Erwerbsanbau, ein großer Beratungsbedarf. Hier leisten die Vereine der Freizeitgartenverbände eine wichtige Arbeit. Aber auch die nicht in Vereinen organisierten Freizeitgärtner sollen über geeignete Medien neutral, unabhängig und wissenschaftlich fundiert beraten werden.

Der vorliegende Leitfaden führt den Freizeitgärtner Schritt für Schritt und in verständlicher Form durch das Gebiet der Pflanzenernährung und ergänzt die vielfach nachgefragte Schrift zum „Umweltgerechten Pflanzenschutz“. Die ausgesprochenen Empfehlungen sind das Ergebnis der Forschungsarbeit „Fachgerechte Düngung im Garten unter Berücksichtigung der Stickstoffgehalte im Boden“ und stellen den aktuellen Wissensstand zur bedarfsgerechten Düngung dar. Dieser Leitfaden gibt daher nicht nur wertvolle Handlungsempfehlungen für den Freizeitgärtner, sondern ist gleichzeitig auch ein Paradebeispiel für die beispielhafte Zusammenarbeit von Verbänden, Kommunen, Ehrenamt und staatlichen Stellen.

Wir wünschen Ihnen bei der Umsetzung der Beratungsempfehlungen viel Erfolg und eine stets reichhaltige Ernte aus umweltgerechtem Anbau im eigenen Garten.

Michaela Kaniber
Bayerische Staatsministerin
für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Für die Düngung im Erwerbsgartenbau sind die Regeln der guten fachlichen Praxis im Rahmen der Düngeverordnung gesetzlich vorgeschrieben (BGBL, 2007). Zusammengefasst geht es darum, die Nährstoffversorgung der Pflanzen zu gewährleisten und die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten – ohne nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt.

Um eine hohe Ausnutzung der zugeführten Nährstoffe zu erreichen und um unerwünschte, überhöhte Nährstoffanreicherungen im Boden wie auch Nährstoffverluste aus dem Boden zu vermeiden, begrenzt sich eine zielgerichtete Düngung

- auf die Ergänzung des Nährstoffvorrats, der bereits im Boden vorliegt und
- auf den Ersatz der Nährstoffe, die von den Pflanzen aufgenommen und damit dem Boden entzogen wurden.

Obwohl die Düngeverordnung im Privatgarten nicht gilt, sind deren Vorgaben hilfreich, um auch im Freizeitgartenbau eine ausreichende Nährstoffversorgung der Pflanzen und qualitativ hochwertige Ernteprodukte zu sichern. Das Wettstreben um den größten Kürbis oder die höchste Sonnenblume ist weit entfernt von den Zielen einer erfolgreichen Düngung. Das alte Motto „Viel hilft viel“ hat beim Düngen schon lange ausgedient. Ein fachgerechter Umgang mit Düngemitteln kann einen bedeutsamen Beitrag zum Natur- und Umweltschutz leisten. Denn obwohl die einzelnen Haus- und Kleingärten relativ klein sind, summieren sich ihre Flächen in Bayern doch zu einem beachtlichen Gesamtareal von rund 137 000 ha (STATISTISCHES BUNDESAMT, 1998, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK, 2002).

Zentraler Bestandteil einer erfolgreichen Düngung ist das Wissen um den Nährstoffvorrat im eigenen Gartenboden. Anhand einer Bodenprobe lassen sich im Labor die Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphat und Kalium bestimmen. Ergänzend sollte auch der Humusgehalt im Boden untersucht werden, da dies Rückschlüsse auf das Potenzial an pflanzenverfügbarem Stickstoff zulässt.

Mit einem $N_{\min}$ -Schnelltest kann in Eigenregie zusätzlich der aktuelle Mineralstickstoffgehalt des Bodens bestimmt werden. Der Handel bietet dem Hobbygärtner ein beinahe unüberschaubares Sortiment an verschiedenen Düngemitteln. Es gibt Rasen-, Tannen-, Rhododendron-, Topfpflanzen-, Rosen-, Gemüsedünger und viele andere mehr. Diese werden als Einzelnährstoff- oder Volldünger, als organische, mineralische oder organisch-mineralische Formulierung oder auch als Bio-Produkte angeboten. Diese Vielfalt macht die Auswahl nicht einfacher: Welche Nährstoffe sind erforderlich und welche Mengen davon benötigen die Pflanzen wirklich? Und kann man mit Blumendünger auch das Gemüse düngen?

Ziel des vorliegenden Leitfadens ist es, den Hobbygärtner Schritt für Schritt bei einer erfolgreichen Düngung zu begleiten. Dazu wird ein gut verständliches, fachlich fundiertes Nachschlagewerk für die Düngung im Garten zur Verfügung gestellt. Parallel dazu wurde ein EDV-Programm (Düngung im Garten – DiG) entwickelt, das die Düngeplanung, Düngerauswahl und -mengenberechnung im Hausgarten erheblich erleichtert. Das Programm steht unter: www.hswt.de/freizeitgartenbau zum kostenfreien Download

Hinweis: Da das Düngeprogramm nicht aktualisiert wird, kann es von neuen Betriebssystemen möglicherweise nicht abgerufen werden.

Dieser Leitfaden und das EDV-Programm entstanden im Rahmen des Forschungsprojekts „Fachgerechte Düngung im Garten unter Berücksichtigung der Stickstoffgehalte im Boden“, das durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert wurde. Der Leitfaden fasst Basiswissen und die Ergebnisse mehrjähriger intensiver Forschungsarbeit an der Forschungsanstalt für Gartenbau in Weihenstephan (FGW) zusammen.

Sowohl Leitfaden als auch EDV-Programm sollen für den Hobbygärtner ein verlässlicher Begleiter auf dem wohldurchdachten Weg zur bedarfsgerechten Düngung sein. Der unüberlegte Weg, der automatische Griff zur Düngerverpackung, ist sicher kürzer und bequemer. Dieser vermeintliche Königsweg verfehlt aber garantiert das Ziel einer erfolgreichen Düngung.

ABKÜRZUNGEN UND SYMBOLE

- B Bor
- Ca Calcium
- Cl Chlor
- Cu Kupfer
- DiG Düngung im Garten (EDV-Programm)
- Fe Eisen
- K Kalium
- K₂O Kalium / Kali
- KW Kalenderwoche
- Mg Magnesium
- Mn Mangan
- Mo Molybdän
- N Stickstoff
- NH₄ Ammonium
- Nmin Mineralstickstoff (NO₃ + NH₄)
- NO₃ Nitrat
- OBS organische Bodensubstanz = Humus
- P Phosphor
- P₂O₅ Phosphat
- S Schwefel
- VDLUFA Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
- Zn Zink

Für eine dem Bedarf der Pflanzen angepasste Düngung ist es unerlässlich, den Nährstoffvorrat und die wichtigsten Eigenschaften des Bodens zu kennen. Regelmäßig, im Abstand von fünf Jahren, sowie bei einer Neuanlage sollten darum Phosphat-, Kalium- und Humusgehalte sowie der pH-Wert von einem Bodenlabor untersucht werden. Darüber hinaus ist es erforderlich, den pflanzenverfügbaren Stickstoff ($N_{\min}$) im Boden mit Hilfe eines Schnelltestes vor der Pflanzung zu messen.

Entnahme von Bodenproben

Flächenauswahl: Unterschiedlich genutzte Flächen (Gemüsebeet, Staudenrabatte, Obstwiese, Rasenfläche etc.) müssen grundsätzlich getrennt beprobt werden. Da im Gemüsegarten am meisten gedüngt wird, ist dort die Bodenuntersuchung am wichtigsten (Abbildung 1).

Zeitpunkt

Der Zeitpunkt der Probenahme hat, mit Ausnahme der Bestimmung von Mineralstickstoff, im Prinzip keinen Einfluss auf die Ergebnisse. Die letzte Ausbringung von Dünger oder organischem Material (Kompost, Stallmist, Gründüngung) sollte aber möglichst lange zurückliegen. Frisch gedüngte Flächen liefern völlig falsche Ergebnisse! Sinnvoll ist daher oft die Beprobung im Spätherbst, wenn die Beete abgeräumt sind, oder im zeitigen Frühjahr vor dem Beginn der ersten Kultur.

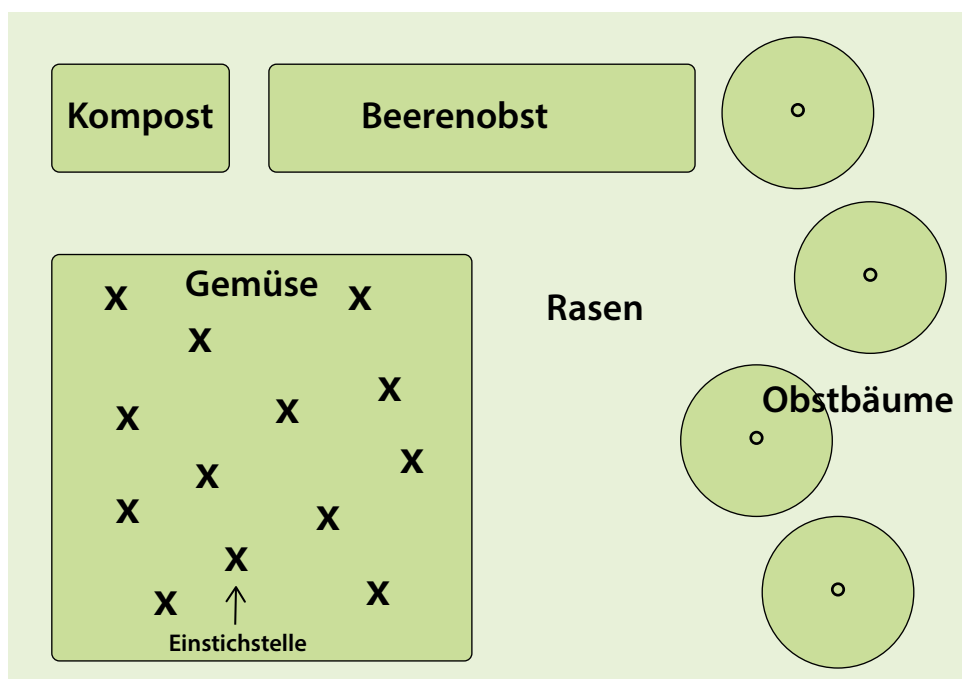


Abbildung 1: Einstichstellen für eine Bodenprobe auf einem Gemüsebeet

BODENPROBEN UNTERSUCHEN

Abbildung 2: Fachgerechte Entnahme von Bodenproben mit dem Spaten



Schritt 1



Schritt 2



Schritt 3



Schritt 4



Schritt 5

Entnahme

Die Entnahme soll an mehreren, gleichmäßig über die Fläche verteilten Stellen erfolgen. Beetränder und Wege sind von der Beprobung auszunehmen. In der Regel wird 30 cm tief in den Boden eingestochen, bei Rasen nur 10 cm tief. Am einfachsten ist die Verwendung eines Bohrstocks. Dieser wird senkrecht in die Erde gebohrt, einmal um die eigene Achse gedreht und wieder herausgezogen. Steht kein Bohrstock zur Verfügung, können Sie auch einen Spaten einsetzen. Im ersten Schritt wird ein Loch ausgehoben, dann eine etwa 2 bis 5 cm dicke Erdschicht senkrecht abgestochen, davon ein wenige Zentimeter breiter Mittelstreifen für die Probe abgetrennt und der Rest verworfen (Abbildung 2).

Homogenisierung

Die Erde aus den einzelnen Einstichstellen wird in einem Eimer gesammelt und durchmischt, wobei große Erdklumpen grob zerkleinert werden. Steine dürfen nicht entfernt werden. Anschließend werden ca. 500 g der gewonnenen Mischung für die Laboranalyse entnommen und verpackt.

Verpackung

Füllen Sie die Bodenprobe in einen dichten Plastikbeutel und beschriften Sie diesen mit Datum, Name und Adresse sowie der Nutzungsart der Fläche. Zusätzlich sollten Sie den Untersuchungsauftrag für das Labor beilegen (siehe Anhang).

Bodenuntersuchungslabore

Eine Liste der in Bayern zugelassenen Bodenlabore für Untersuchungsaufträge des Landeskuratoriums für pflanzliche Erzeugnisse (LKP) können Sie dem nachfolgenden Link entnehmen:

www.lfl.bayern.de/zentrale_analytik/031606/index.php

Mit Ausnahme der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Veitshöchheim untersuchen diese Labore auch Bodenproben des Freizeitgartenbaus.

Die Preise für eine Standarduntersuchung (P, K, pH) bewegen sich zwischen 12 € und 18 €; die Bestimmung des Humusgehaltes liegt zwischen 11 € und 18 €.

Laboruntersuchungen

Die Standard-Bodenuntersuchung umfasst den Gehalt an Phosphat und Kalium sowie den pH-Wert. Der Magnesiumgehalt des Bodens kann zusätzlich bestimmt werden. Da diese Werte relativ stabil sind und sich nur über längere Zeiträume hinweg merklich verändern, genügt es, sie alle fünf Jahre zu überprüfen.

Zusätzlich ist eine Analyse des Gehalts an organischer Substanz (Humusgehalt) zu empfehlen. Sie ermöglicht Rückschlüsse auf das Stickstoffpotenzial des Bodens des Bodens und wird für das an der Forschungsanstalt für Gartenbau Weihe-Stephan entwickelte EDV-Programm „Düngung im Garten“ benötigt. Auch dieser Wert braucht nur alle fünf Jahre gemessen zu werden.

Die Untersuchung von Mineralstickstoff vor der Pflanzung bzw. Saat ist in jedem Fall anzuraten. Dafür ist im Freizeitgartenbau die Verwendung eines Nitratschnelltests (siehe Seite 15) ausreichend, eine teurere Laboranalyse ist nicht erforderlich.

Eine Untersuchung weiterer Nährstoffe ist in der Regel nicht notwendig und verursacht nur unnötige Kosten.

Eigene Untersuchungen

Durchführung eines Nitrat-Schnelltests

Mit dem Nitratschnelltest wird der aktuell pflanzenverfügbare Stickstoff (Nitrat) bestimmt. Er ist in der Regel dem $N_{\min}$ -Vorrat oder $N_{\min}$ -Gehalt gleichzusetzen, da Ammonium-Stickstoff als zweite Komponente des N-Vorrats meist nur in vernachlässigbaren Mengen im Boden vorliegt. Von den am Markt angebotenen Nitratschnelltests sind diejenigen, die mithilfe von Nitrat-Teststäbchen arbeiten, gut geeignet, um vor Ort mit relativ wenig Aufwand die Größenordnung des pflanzenverfügbaren Nitrat-Vorrats im Boden zu ermitteln.

Wichtig ist, die gewonnene Bodenprobe möglichst sofort für die Messung weiterzuverarbeiten, da es ansonsten zu einer Veränderung des Nitratgehaltes kommen kann. Ist eine sofortige Weiterverarbeitung nicht möglich, kann die Probe für wenige Tage im Kühlschrank ($<5^{\circ}\text{C}$) aufbewahrt werden.

Die Bodenprobe wird als erstes durch ein Sieb mit 5 mm Maschenweite gerieben, Steine und andere Bestandteile, die auf dem Sieb verbleiben, werden wieder eingemischt (Abbildung 3, Seite 15). Zu 100 g des geriebenen Bodens werden 100 ml destilliertes Wasser gegeben. Anschließend werden Boden und Wasser für 3 bis 5 Minuten durch Rühren mit einem Löffel oder Schütteln in einer verschließbaren Kunststoff-Flasche vermischt – solange bis keine Klumpen mehr vorhanden sind (gegebenenfalls Mixer verwenden). Danach wird das Gemisch filtriert. An Stelle spezieller Filterpapiere lässt sich auch problemlos ein Kaffee- oder Teefilter

verwenden. Das Nitrat-Teststäbchen wird eine Sekunde lang in das klare Filtrat eingetaucht und überschüssige Flüssigkeit nach dem Herausziehen abgeschüttelt. Eine Minute später kann der Messwert durch Vergleich der Färbung des Reaktionsfeldes mit der auf der Verpackung befindlichen Farbskala ermittelt werden. Diese Vorgehensweise lässt zwar nur eine grobe Abschätzung zu, für die Bemessung der Düngung ist dies aber häufig ausreichend. Ein genaueres Ergebnis bringt die Verwendung eines Reflektometers – kleines Gerät im Taschenrechnerformat – in das das Teststäbchen eingeschoben wird und das dann die Beurteilung der Färbung übernimmt.

Das Ergebnis liegt nun in Milligramm Nitrat je Liter Filtrat (z.B. 122 mg $\text{NO}_3\text{-/l}$) vor. Den Gärtner interessiert jedoch der in Form von Nitrat vorliegende Gehalt an Rein-Stickstoff pro Quadratmeter Beetfläche. Zur Umrechnung muss der Messwert durch 10 geteilt werden. Kommastellen werden auf ganze Zahlen gerundet (z.B. 122 $\text{NO}_3\text{-/l}$: 10 = 12 g N/ m^2). Der so errechnete Wert bezieht sich auf eine Bodenschicht von 30 cm (siehe Seite 15).

Einschätzung der Bodenart mit der Fingerprobe

Die Bodenart beruht auf der Korngrößenzusammensetzung der mineralischen Bodensubstanz. Eine genaue Analyse der Bodenart lässt sich nur im Labor durchführen. Mit der Fingerprobe hat der Gartenbesitzer aber die Möglichkeit, selbst eine Einschätzung vorzunehmen. Liegt in einem Boden ein Gemisch aus überwiegend zwei Korngrößenfractionen vor, unterscheidet man aufgrund der dominierenden Fraktion (Tabelle 1) die mit Großbuchstaben gekennzeichneten Hauptbodenarten Sand (S), Schluff (U) und Ton (T). Zur weiteren Differenzierung wird die jeweils untergeordnete Korngrößenfraction als Adjektiv (abgekürzt mit einem Kleinbuchstaben) vorangestellt, z.B. sandiger Schluff (sU). Sind zwei untergeordnete Fraktionen mit annähernd gleichem Einfluss vorhanden, wird von einem lehmigen Boden gesprochen, z.B. lehmiger Sand (IS). Haben alle Korngrößenfractionen einen deutlich prägenden Effekt, handelt es sich um die Hauptbodenart Lehm (L). Die jeweils einflussreichste Fraktion wird wiederum als Adjektiv vorangestellt, z.B. sandiger Lehm (sL).

Als leichte Böden werden Sand oder lehmiger Sand bezeichnet, da sie leicht bearbeitbar sind. Diese Böden lassen sich nicht mit der Hand formen und fühlen sich körniger an. Sandiger Lehm und Lehm lassen sich im feuchten Zustand mit der Hand kneten und formen, sie werden als mittelschwere Böden bezeichnet. Unter schweren Böden versteht man lehmigen Ton und Ton, die in feuchtem Zustand sehr gut mit der Hand formbar sind und dabei die Hände beschmutzen.



Bild 1: Fingerprobe im Feld

WAS WIRD ANALYSIERT?

Die Fingerprobe wird am feuchten – nicht nassen – Feinboden vorgenommen (Arbeitsvorschrift der LUFA Augustenberg, 2001).

- A.** Von der feuchten Probe wird eine etwa walnussgroße Menge entnommen und versucht, den Boden zwischen den Handtellern zu einer Kugel zu formen. Ist dies nicht möglich, handelt es sich um einen Sand. In diesem Fall ist die Bestimmung abgeschlossen. Ansonsten fahren Sie mit dem nächsten Schritt fort.
- B.** Rollen Sie die walnussgroße Kugel zu einer dünnen Walze von halber Bleistiftstärke aus. Ist die Kugel nicht ausrollbar bzw. zerbröseln die Walze, liegt ein lehmiger Sand vor. Lässt sich der Boden bis auf halbe Bleistiftstärke ausrollen und die Walze ist nicht oder nur schwach rissig, handelt es sich um einen Lehm- oder Tonboden, in diesem Fall fahren Sie mit dem nächsten Schritt fort.
- C.** Zerreiben Sie ein wenig der Probe zwischen Daumen und Zeigefinger – gegebenenfalls müssen Sie etwas Wasser zugeben – und beurteilen die Körnigkeit. Füllt sich das Material eher seifig-schmierig an und ist auch nach weiterem Anfeuchten kein körnig-rauer Sandanteil spürbar, so ist dies ein Tonboden. Wenn ein deutlich körnig-rauer Anteil zu spüren ist, handelt es sich um Lehm, in diesem Fall fahren Sie mit dem nächsten Schritt fort.
- D.** Fühlt sich die Probe relativ klebrig an – das Material haftet stark an den Handflächen – und ist die Oberfläche nur schwach rau und glänzend, handelt es sich um einen tonigen Boden. Überwiegt dagegen der Sandanteil und klebt die Probe nur schwach an den Handflächen liegt ein sandiger Lehm vor.

Dieser Bestimmungsschlüssel gilt streng genommen nur für Böden mit maximal 4 % organischer Substanz. Bei höheren Gehalten werden die Böden tendenziell etwas schwerer eingeschätzt, als sie in Wirklichkeit sind

Tabelle 1: Hauptbodenarten (nach aid, 2009)

Bezeichnung	Abkürzung	Korngröße [Ø]	Eigenschaften in Fingerprobe
Sand	S	2,0 bis 0,063 mm (Sand)	nicht formbar, „schmutzt“ nicht, sicht- und fühlbar körnig
Schluff	U	0,063 bis 0,002 mm (Schluff)	mäßig formbar, kaum bindig, von samtig-mehliger Beschaffenheit, „schmutzt“ nicht, zeigt raue Gleitflächen
Ton	T	< 0,002 mm (Ton)	gut formbar, klebrig, bindig, „schmutzt“, zeigt glänzende Gleitflächen
Lehm	L	Gemisch aus Sand, Schluff und Ton	dominierende Kornfraktion bestimmt die überwiegenden Merkmale

Abbildung 3: Fachgerechte Durchführung des Nitrat-Schnelltests



Probe reiben



100 g Boden abwiegen



100 ml destilliertes Wasser zugeben



Boden-Wasser-Gemisch
3 bis 5 Minuten kräftig schütteln*

* Bei schweren, tonhaltigen Böden mindestens 5 Minuten schütteln; bei leichteren, sandigen Böden reichen in der Regel 2 Minuten aus.



Eintauchen eines Filterpapiers
in die Lösung, Abwarten
bis Filtrat ansteht



Eintauchen des
Nitratmessstreifens



Auswerten des Teststreifens durch
Vergleich mit der Skala

**Messwert durch
10 teilen
= g N/m²**

Umrechnen des Messwertes
für die Düngeberechnung

Liegt das Ergebnis der Bodenuntersuchung vor, müssen die Werte interpretiert werden, um anschließend die richtigen Düngemaßnahmen treffen zu können. Meist stehen die wichtigsten Informationen auch auf dem Ergebnisblatt aus dem Bodенlabor. Bei der Verwendung des Programms „Düngung im Garten“ erfolgt nach Eingabe der Analysewerte jeweils eine kurze Bewertung.

Phosphatgehalt im Boden

Die Gehalte des Bodens an Phosphat werden in Gehaltsstufen eingeteilt (Tabelle 2). Liegen die Werte unter 5 mg $P_2O_5/100$ g bzw. zwischen 5 und 9 mg $P_2O_5/100$ g Boden werden sie den Gehaltsklassen A bzw. B zugeordnet. In beiden Fällen ist der Phosphatgehalt im Boden zu gering. Um ihn auf das optimale Niveau anzuheben wird empfohlen, doppelt so viel Phosphat zu düngen, wie die Pflanze benötigt. Weißkohl z. B. hat einen Phosphatbedarf von 8 g P_2O_5/m^2 (Tabelle 10, Seite 26). Auf Böden mit den aufgezeigten geringen Phosphatgehalten sollten demnach 16 g P_2O_5/m^2 gedüngt werden. Diese Vorgehensweise ist bis zur nächsten Bodenuntersuchung, die alle 5 Jahre durchzuführen ist, beizubehalten.

Im Boden werden Phosphatgehalte zwischen 10 und 20 mg $P_2O_5/100$ g Boden angestrebt. Dieser Vorrat (Gehaltsklasse C) gilt als ausreichend bzw. optimal, weshalb er in etwa auf diesem Niveau gehalten werden soll. Um dies zu erreichen, muss bei Vorliegen der Gehaltsklasse C die Phosphatmenge, die die Pflanzen während des Wachstums aus dem Boden entnehmen, über mineralische Düngemittel oder Kompost ersetzt werden. Beim Weißkohl z. B. sind dies 8 g P_2O_5/m^2 . Hierbei wird angenommen, dass mit der Ernte und dem Abräumen der Beete die gesamte Pflanzenmasse von der Fläche entfernt wird. Im Falle verbleibender Vegetationsrückstände sollte in Abhängigkeit von deren Menge die Phosphatdüngung reduziert werden.

Tabelle 2: Einteilung der Phosphatgehalte im Boden (Wendland et al., 2018) und darauf abgestimmte Düngung (vereinfachte Darstellung)

Gehalte in mg $P_2O_5/100$ g Boden (CAL-Methode)	Gehaltsklasse (Bewertung der Gehalte)	Hinweise zur Düngung für die folgenden 5 Jahre (bis zur nächsten Bodenuntersuchung)
< 5	A sehr niedrig	Der geringe Phosphatgehalt im Boden muss durch erhöhte Phosphatgaben angehoben werden. Die Phosphatdüngung sollte daher doppelt so hoch wie der Phosphatbedarf der Pflanzen sein.
5 bis 9	B niedrig	
10 bis 20	C ausreichend/-optimal	Der Phosphatgehalt im Boden ist optimal und sollte auf diesem Niveau gehalten werden. Die Phosphatdüngung sollte daher genau so hoch wie der Phosphatbedarf der Pflanzen sein. Bei verbleibenden Vegetationsrückständen auf der Fläche ist eine Reduzierung der Phosphatdüngung zweckmäßig.
21 bis 30	D hoch	Der Phosphatgehalt im Boden ist hoch bzw. sehr hoch und muss verringert werden. Es sollte keine Phosphatdüngung durchgeführt werden, da der Phosphatvorrat für die Ernährung der Pflanzen ausreicht.
> 30	E sehr hoch	

ERGEBNISSE BEWERTEN

Mehr als 80 % der Gartenböden liegen bei Phosphat in den Gehaltsklassen D und E, d. h. sie weisen Werte von meist deutlich über 20 mg P_2O_5 /100 g auf. Auf diesen Böden sollte in den nächsten Jahren (mitunter sogar in den nächsten Jahrzehnten) kein Phosphat gedüngt werden, weil die Pflanzen ohne Probleme von den Vorräten ernährt werden. Da Kompost sehr viel Phosphat enthält, dürfte auf diesen Böden streng genommen auch kein Kompost ausgebracht werden. Aufgrund der vielseitigen Vorteile einer Kompostwirtschaft im Garten ist die Ausbringung geringer Kompostmengen auf ausreichend und auch hoch mit Phosphat versorgten Flächen möglich (siehe Seite 32.)

Hinweis

Die Phosphatgehalte werden in mg P_2O_5 bezogen auf 100 g Boden angegeben. Bei Bezug auf den Quadratmeter Boden mit einer Schichtdicke von 30 cm, einer Lagerungsdichte von 1000 g/l und somit einer Masse von 300 kg pro m^2 , errechnet sich z. B. aus 30 mg P_2O_5 /100 g Boden ein Phosphat-Vorrat von 90 g P_2O_5 / m^2 bzw. 900 kg P_2O_5 /ha. Dieser Vorrat entspricht in etwa dem 10-Jahresbedarf einer stark zehrenden Gemüsekultur – somit wird verständlich, dass bei Vorliegen von Gehaltsklasse D und E eine Phosphatdüngung nicht sinnvoll ist.

Kaliumgehalt im Boden

Die Kaliumgehalte im Boden werden entsprechend den Phosphatgehalten in fünf Klassen eingeteilt, woraus wiederum drei unterschiedliche Hinweise zur Düngung resultieren. Die Zuordnung der Werte hängt beim Kalium allerdings von der Bodenart ab (Tabelle 3). Da Kalium auf schweren (tonigen, lehmigen) Böden z. T. nicht so gut pflanzenverfügbar ist wie auf leichten (sandigen) Böden, liegen innerhalb einer Gehaltsklasse die Gehalte schwerer Böden höher.

Tabelle 3: Einteilung der Kaliumgehalte im Boden (Wendland et al., 2018) und darauf abgestimmte Düngung (vereinfachte Darstellung)

Gehalte in mg K_2O /100 g Boden (CAL-Methode)			Gehaltsklasse (Bewertung der Gehalte)	Hinweise zur Düngung für die folgenden 5 Jahre (bis zur nächsten Bodenuntersuchung)
leichte Böden	mittlere Böden	schwere Böden		
< 4	< 5	< 7	A sehr niedrig	Der geringe Kaliumgehalt im Boden muss durch erhöhte Kaliumgaben angehoben werden. Die Kaliumdüngung sollte daher doppelt so hoch wie der Kaliumbedarf der Pflanzen sein.
4 bis 7	5 bis 9	7 bis 14	B niedrig	
8 bis 15	10 bis 20	15 bis 25	C ausreichend/ optimal	Der Kaliumgehalt im Boden ist optimal und sollte auf diesem Niveau gehalten werden. Die Kaliumdüngung sollte daher genauso hoch wie der Kaliumbedarf der Pflanzen sein.
16 bis 25	21 bis 30	26 bis 35	D hoch	Der Kaliumgehalt im Boden ist hoch bzw. sehr hoch und muss verringert werden. Es sollte keine Kaliumdüngung durchgeführt werden, da der Kaliumvorrat für die Ernährung der Pflanzen ausreicht
> 25	> 30	> 35	E sehr hoch	

ERGEBNISSE BEWERTEN

Oder anders ausgedrückt: Gleiche Kaliumwerte sind in Abhängigkeit der Schwere des Bodens häufig in unterschiedliche Gehaltsklassen einzustufen, woraus unterschiedliche Düngermengen resultieren. Wird z. B. auf einem schweren Boden mit einem Kaliumgehalt von 20 mg/100 g (Gehaltsklasse C) Weißkohl angebaut, sollte Kalium in Höhe des Bedarfs von 34 g K₂O/m² (Tabelle 10) gedüngt werden. Bei einem leichten Boden werden Kaliumgehalte von 20 mg/100g der Gehaltsklasse D zugeordnet, d. h. es sollte kein Kalium gedüngt werden.

Bei über der Hälfte der Gartenböden liegen die Kaliumgehalte auf einem hohen bis sehr hohen Niveau, sodass eine Kaliumdüngung unterbleiben sollte.

Magnesiumgehalt im Boden

Wie bei Kalium werden auch bei Magnesium die Gehalte der Böden in Abhängigkeit von der Bodenart in fünf Klassen eingeteilt (Tabelle 4). Magnesiummangel (Gehaltsklasse A und B) kommt in Folge verstärkter Magnesiumauswaschung vor allem auf leichten und sauren Böden vor.

Um den Magnesiumgehalt des Bodens langfristig anzuheben, sollte in diesen Fällen die Magnesiumdüngung doppelt so hoch sein wie der Magnesiumbedarf der Pflanzen (siehe Seite 26 ff). Bei einem Boden in Gehaltsklasse C ist so viel Magnesium zu düngen, wie die Pflanzen aufnehmen. Wenn hoch mit Magnesium versorgte Böden vorliegen (Gehaltsklasse D und E), sollte eine Magnesiumdüngung unterbleiben.

Tabelle 4: Einteilung der Magnesiumgehalte im Boden (Wendland et al., 2018) und darauf abgestimmte Düngung (vereinfachte Darstellung)

Gehalte in mg Mg/100 g Boden (CaCl ₂ -Methode)		Gehaltsklasse (Bewertung der Gehalte)	Hinweise zur Düngung für die folgenden 5 Jahre (bis zur nächsten Bodenuntersuchung)
leichte Böden	mittlere bis schwere Böden		
< 3	< 5	A sehr niedrig	Der geringe Magnesiumgehalt im Boden muss durch erhöhte Mg-Gaben angehoben werden. Die Mg-Düngung sollte daher doppelt so hoch wie der Mg-Bedarf der Pflanzen sein.
3 bis 6	5 bis 9	B niedrig	
7 bis 10	10 bis 20	C ausreichend/ optimal	Der Magnesiumgehalt im Boden ist optimal und sollte auf diesem Niveau gehalten werden. Die Mg-Düngung sollte daher genau so hoch wie der Mg-Bedarf der Pflanzen sein. Bei verbleibenden Vegetationsrückständen auf der Fläche ist eine Reduzierung der Mg-Düngung zweckmäßig.
11 bis 30	21 bis 30	D hoch	Der Magnesiumgehalt im Boden ist hoch bzw. sehr hoch und soll verringert werden. Es soll keine Mg-Düngung durchgeführt werden, da der Magnesiumvorrat für die Ernährung der Pflanzen ausreicht.
> 30	> 30	E sehr hoch	

pH-Wert und Kalk

Der pH-Wert beschreibt, ob ein Boden sauer, neutral oder alkalisch ist. Das Optimum hängt von der Bodenart und vom Humusgehalt ab. Je sandiger der Boden und je höher der Humusgehalt, desto niedriger ist der anzustrebende pH-Wert.

Tabelle 5: Anzustrebender pH-Bereich für Böden (VDLUFA, 2002)

Bodenart	Humusgehalt		
	< 4 %	4 bis 15 %	15 bis 30 %
Sand	5,5 bis 6,5	5,0 bis 6,0	4,5 bis 5,5
Lehm	6,0 bis 7,0	5,5 bis 6,5	5,0 bis 6,0
Ton	6,5 bis 7,5	6,0 bis 7,0	5,0 bis 6,0

Durch die Kalkung des Bodens wird sein pH-Wert erhöht. In der Folge verringert sich zwar die Verfügbarkeit der meisten Nährstoffe, bedeutsamer ist aber – insbesondere auf tonigen Böden – dass die Krümelstruktur verbessert wird, wodurch sich der Luft- und Wasserhaushalt positiv verändert. Allerdings gilt dies nur für Böden mit wenig organischer Substanz, da hier die Krümelstabilisierung im Wesentlichen durch die im Kalk enthaltenen Calcium-Ionen erfolgt. Auf humusreichen Böden – wie den meisten Gartenböden – sorgt die Bildung von Ton-Humus-Komplexen durch Bodenorganismen, die sogenannte Lebendverbauung, für ausreichende Krümelstruktur. Auf solchen Böden werden niedrigere pH-Werte angestrebt, um den Humusabbau zu verlangsamen und die Verfügbarkeit der meisten Nährstoffe zu verbessern.

Organische Substanz – Humus

Der übliche Gehalt an organischer Substanz liegt in landwirtschaftlich genutzten Ackerböden bei 1,5 bis 4,0 % (SCHACHTSCHABEL et al. 1998) und somit im schwach bis mäßig humosen Bereich (Tabelle 6). Moorböden weisen Gehalte von 30 % und mehr auf, bei solchen Böden spricht man von organischen Böden.

Tabelle 6: Klassifizierung der Humusgehalte im Mineralboden (VDLUFA, 1997)

Gehalt an organischer Substanz (%)	Bezeichnung	Humusklasse
< 1	sehr schwach humos	h 1
1 bis 2	schwach humos	h 2
2 bis 4	mäßig humos	h 3
4 bis 8	stark humos	h 4
8 bis 15	sehr stark humos	h 5
15 bis 30	extrem humos	h 6

Trotz ihres meist mineralischen Ursprungs enthalten 97 % der untersuchten Gartenböden in Bayern deutlich mehr als 4 % Humus. Die Ursache liegt in der langjährigen Anwendung von Kompost oder anderen organischen Bodenverbesserungsmitteln.

Humus wirkt sich in vielfältiger Weise positiv auf den Boden aus: Er verbessert unter anderem die Aktivität des Bodenlebens, die Belüftung toniger Böden und die Wasserhaltefähigkeit sandiger Böden. Auf schweren Gartenböden sind Humusgehalte von etwa 6 % anzustreben, auf leichten bis mittleren Böden reichen 3 bis 4 % Humus aus. Höhere Gehalte haben aber keine negativen Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum. Bei der Düngung ist aber zu berücksichtigen, dass durch den Abbau von organischer Substanz erhebliche Mengen Stickstoff freigesetzt (= nachgeliefert) werden (Tabelle 7). In vielen Fällen reicht die Stickstoffnachlieferung des Bodens bereits aus, um den Stickstoffbedarf der Kulturen zu decken; zusätzliche Stickstoffdüngung ist dann überflüssig.

Tabelle 7: Mindestens zu erwartende $N_{\min}$ -Nachlieferung während einer Vegetationsperiode (März bis Oktober)

Gehalt an organischer Substanz (%)	mindestens zu erwartende $N_{\min}$ -Nachlieferung von März bis Oktober [g/m ²]
< 4	5
4 bis 8	10
8 bis 12	15
> 12	20

Bei Böden mit Gehalten an organischer Substanz unter 4 % kann davon ausgegangen werden, dass eine $N_{\min}$ -Nachlieferung von etwa 5 g/m² von März bis Oktober stattfindet. Die Stickstofffreisetzung erfolgt dabei allerdings nicht gleichmäßig über den gesamten Zeitraum, denn die Nachlieferungsrate steigt mit der Bodenerwärmung an. Ist die Kulturzeit kürzer als von März bis Oktober, kann die mittlere wöchentliche Mindestnachlieferung im Frühjahr, Sommer oder Herbst in Abhängigkeit vom Humusgehalt des Bodens aus Tabelle 8 entnommen und für die entsprechende Kulturdauer aufsummiert werden. Das EDV-Programm zur „Düngung im Garten“ (DiG) berücksichtigt die mindestens nachgelieferte Stickstoffmenge auf Basis des Humusgehaltes im Boden, dem Kulturbeginn und der Kulturdauer (abhängig von gewählter Kultur) automatisch unter Verwendung von Werten, die auf die einzelnen Kalenderwochen bezogen sind.

Tabelle 8: Mindestens zu erwartende mittlere $N_{\min}$ -Nachlieferung pro Woche
*OBS = organische Bodensubstanz

Jahreszeit	4 bis 8 % OBS*	8 bis 12 % OBS	> 12 % OBS
Frühjahr (Ende März bis einschließlich 3. Maiwoche)	0,2	0,4	0,5
Sommer (4. Maiwoche bis Mitte August)	0,6	0,9	1,1
Herbst (2. Augushälfte bis Anfang Oktober)	0,2	0,2	0,3

Mineralstickstoffgehalt im Boden

Der zu Kultur- bzw. Vegetationsbeginn im Frühjahr mit einem Nitrat-Schnelltest bestimmte Mineralstickstoffgehalt des Bodens ($N_{\min}$) trägt voll zur Ernährung der Kultur bei und sollte folglich bei der Düngung zum Pflanz- bzw. Saattermin Berücksichtigung finden (Tabelle 9). Ein hoher $N_{\min}$ -Gehalt im Boden ($> 10\text{g/m}^2$) ist kritisch zu sehen, da dieser große Stickstoffvorrat von den zu Kulturbeginn noch kleinen Pflanzen aufgrund ihres geringen Bedarfs nicht ausgenutzt werden kann, sodass die Gefahr einer Auswaschung in das Grundwasser besteht.

Tabelle 9: $N_{\min}$ -Gehalte im Boden zu Kulturbeginn und darauf abgestimmte Düngung (vereinfachte Darstellung)

$N_{\min}$ -Gehalt im Boden zu Kulturbeginn (g/m^2)	Bewertung der Gehalte	Hinweis zur N-Düngung (Pflanz- bzw. Saattermin)
0 bis 5	gering	erforderlich
5 bis 10	günstig	keine
10 bis 15	hoch	keine
> 15	sehr hoch	keine

Bei der Düngung im Garten werden in erster Linie die Hauptnährstoffe (Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium) berücksichtigt. Die anderen Nährstoffe liegen in der Regel im Boden ausreichend vor, da sie mit Nebenbestandteilen von Düngemitteln bzw. mit Kompost in meist ausreichenden Mengen zugeführt werden.

Stickstoff nimmt auf Grund seiner außergewöhnlich wichtigen Rolle für das Pflanzenwachstum sowie kurzfristig starken Veränderungen des pflanzenverfügbaren Gehaltes im Boden eine Sonderstellung unter den Nährstoffen ein. Eine bedarfsgerechte Versorgung mit Stickstoff stellt für den Gärtner daher die größte Herausforderung dar. Aber auch bei der Phosphat- und Kalium-Gabe ist eine bedarfsgerechte Düngung anzustreben, um negative Auswirkungen vor allem auf die Umwelt zu vermeiden.

Den Nährstoffbedarf einzelner Gartenpflanzen können Sie den Seiten 26 ff entnehmen. Darüber hinaus sind diese Bedarfszahlen Grundlage der Düngungsrechnung mit dem EDV-Programm „Düngung im Garten“. Aufgrund der Fülle der im Garten angebauten Kulturen kann die Auflistung in diesem Leitfaden nicht alle Kulturen umfassen. Fachblätter, die z. B. vom Bayerischen Landesverband für Gartenbau und Landespflege und von der Bayerischen Gartenakademie in Veitshöchheim (LWG) erarbeitet wurden, enthalten weitergehende Angaben zum Nährstoffbedarf von Stauden, Gehölzen, Gemüsearten und anderen Pflanzen.

Wie viel Nährstoffe brauchen die Pflanzen wirklich?

Da die Böden Nährstoffe enthalten, kann der Düngebedarf der Pflanze nicht dem Nährstoffbedarf gleichgesetzt werden. Vielmehr muss bei der Ermittlung der Düngungshöhe der Nährstoffvorrat im Boden in Anrechnung gebracht werden.

Phosphat, Kalium, Magnesiumbedarf

Die Phosphat-, Kalium- und Magnesiumdüngung erfolgt auf Basis der auf Seite 17 ff beschriebenen Gehaltsklassen des Bodens. Bei sehr niedrigen bis niedrigen Gehalten (Gehaltsklasse A und B) ist durch eine gegenüber dem Bedarf der Pflanzen erhöhte Düngung der Gehalt im Boden langfristig anzuheben. Daher sollte die Düngung doppelt so hoch wie der Bedarf der Pflanzen sein. Der kulturspezifische Bedarf an Phosphat, Kalium und Magnesium für diverse Gartenpflanzen ist den Tabellen auf Seite 26 ff zu entnehmen und entsprechend zu verdoppeln. Diese Menge wird dann jährlich in einer Gabe, bevorzugt zum Saat- bzw. Pflanztermin, ausgebracht.

Bei ausreichend mit Phosphat, Kalium und Magnesium versorgten Böden (Gehaltsklasse C) sollte der Nährstoffgehalt auf diesem Niveau gehalten werden, die Düngung entspricht daher dem Bedarf der jeweiligen Kultur.

Ist der Boden hoch bis sehr hoch mit Phosphat, Kalium und Magnesium versorgt (Gehaltsklasse D und E), wird die Düngung mit diesen Nährstoffen ausgesetzt, um die Gehalte im Boden langfristig abzusenken.

Das Programm „DiG“ übernimmt nach Eingabe der Bodenanalysewerte und der Kulturpflanze die Berechnung der Phosphat-, Kalium- und Magnesiumdüngung automatisch.

Stickstoffbedarf

Die notwendige Stickstoff-Zufuhr durch Düngung wird im Rahmen einer Stickstoffbilanz aus dem Stickstoffbedarf der angebauten Kultur und dem Stickstoffangebot des Bodens durch Differenzbildung ermittelt (siehe Abbildung 4).

Das Angebot des Bodens an Stickstoff setzt sich dabei aus zwei Komponenten zusammen:

Der aktuelle Gehalt an mineralischem Stickstoff ($N_{\min}$): Er wird möglichst kurz vor Kulturbeginn bzw. vor der Startdüngung gemessen und ist voll auf die N-Versorgung der Pflanzen anrechenbar.

Die $N_{\min}$ -Nachlieferung = Mineralisierung: Die organische Substanz des Bodens liefert während der Kultur infolge von Zersetzung weiteren mineralischen Stickstoff nach. Dieser Wert kann aus dem Humusgehalt abgeleitet werden (siehe Seite 21).

Beträgt z.B. der Stickstoffbedarf der Kultur 15 g/m^2 (siehe Seite 26 ff), der $N_{\min}$ -Gehalt des Bodens 5 g/m^2 und die geschätzte Nachlieferung (bei 4 bis 8 % Humus und einer Kulturdauer von Anfang Mai bis Mitte August) 7 g/m^2 , bleibt eine Differenz von 3 g/m^2 , die durch die Düngung zu decken ist.

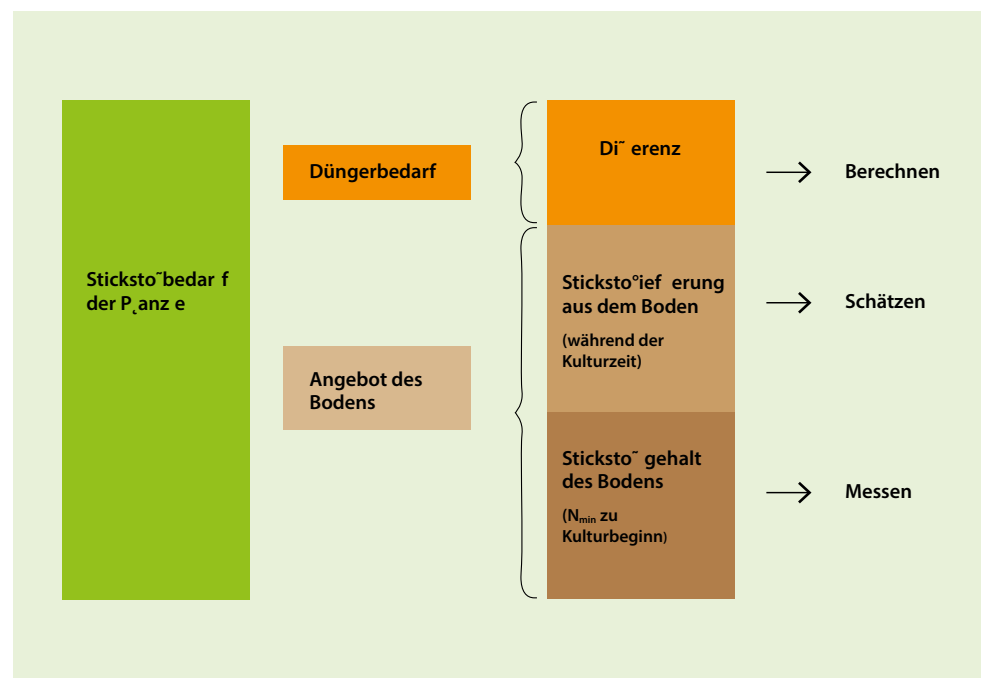


Abbildung 4: Ermittlung der Stickstoffdüngungshöhe mittels der Stickstoff-Bilanz.

Nährstoffbedarf von Gemüse und Kräutern

Die Stickstoffbilanz findet vor allem im Gemüsegarten Anwendung, da dieser Teil des Gartens am intensivsten bewirtschaftet wird. Um die Bilanz korrekt aufstellen zu können, liefert Tabelle 10 eine Übersicht über den Stickstoffbedarf der wichtigsten Gemüsekulturen. Da die Berechnung der Phosphat-, Kalium- und Magnesiumdüngung auch auf Bedarfswerten basiert, sind diese ebenfalls in Tabelle 10 aufgeführt.

Küchenkräuter werden im Haus- und Kleingarten meist in Mischung auf einem Kräuterbeet kultiviert, wobei einjährige Pflanzen mit Dauerkulturen zusammen stehen.

Daher ist in der Tabelle nur ein mittlerer Wert für den Nährstoffbedarf pro Jahr von Kräutern auf Kräuterbeeten aufgeführt. Alle anderen Werte beziehen sich auf eine Kultur (Satz) des entsprechenden Gemüses. Wird also z. B. zweimal Salat nacheinander angebaut, so ist der Bedarf für jeden einzelnen Satz angegeben.

Nährstoffbedarf von Sommerblumen und Stauden

Diese Flächen werden weniger intensiv genutzt als der Gemüsegarten und sind häufig auch deutlich geringer mit organischer Substanz angereichert. Abgesehen von einjährigen Blumen bleiben die Pflanzen über viele Jahre auf der Fläche stehen. Die Angabe des Nährstoffbedarfs erfolgt deshalb pro Jahr und nicht, wie bei Gemüse, auf die Kulturzeit bezogen. Besonders zu beachten ist dabei der hohe Kaliumbedarf der Stauden, der für standfeste Pflanzen gedeckt sein sollte. Entsprechend anderen Gartenpflanzen muss bei der Berechnung der Düngermenge für Stauden und Sommerblumen das Nährstoffangebot des Bodens berücksichtigt werden. Durch langjährige Kompost- und Mistanwendung kann in vielen Fällen die Phosphat- und Kaliumdüngung auf ein Bruchteil des Pflanzenbedarfs reduziert werden bzw. gänzlich unterbleiben.

Meist werden Stauden in Mischpflanzungen verwendet, wobei es zur Reduzierung des Pflegeaufwandes sinnvoll ist, Arten mit ähnlichen Nährstoffansprüchen zusammen zu pflanzen. Den geringsten Nährstoffbedarf haben Steingartenstauden, gefolgt von Waldstauden, trockenverträglichen Freiflächenstauden und Waldrandstauden, Wasserrandstauden und feuchtigkeitsliebenden Freiflächenstauden. Den höchsten Nährstoffbedarf weisen Beetstauden auf. Bei den Steingarten- und Waldrandstauden kann auf eine N-Düngung nahezu verzichtet werden, da ihr Stickstoffbedarf meistens aus dem N-Angebot des Bodens gedeckt wird. Für flachwurzeln-de Schattenstauden sind oft 2 bis 3 g Stickstoff/m² ausreichend. Eine zu hohe Düngung führt zum unerwünschten Ansiedeln und Wachstum von Unkräutern und verändert den Wuchscharakter der Stauden artuntypisch.

Nährstoffbedarf von Rasen

Zier- und Gebrauchsrasen benötigt während der Wachstumsphase kontinuierlich Stickstoff, da der Fläche durch das Mähen ständig Nährstoffe entzogen werden.

NÄHRSTOFFBEDARF VON GARTENPFLANZEN

*Tabelle 10:
Stickstoff-, Phosphat-, Kalium-
und Magnesiumbedarf von Ge-
müse pro Kultur und Kräutern
(berechnet nach Röber und
Schacht, 2008; Krug et al., 2003;
Fritz et al., 1989)*

Kultur	N (g/m ²)	P ₂ O ₅ (g/m ²)	K ₂ O (g/m ²)	MgO (g/m ²)
Aubergine (Freiland)	17	3	40	8
Aubergine (Gewächshaus)	27	5	36	8
Batavia	15	5	30	3
Blumenkohl	22	10	36	3
Brokkoli	22	9	40	4
Buschbohne	11	3	16	3
Chicorée	12	4	21	3
Chinakohl	21	11	42	3
Eissalat	14	4	32	3
Endivien	19	5	42	3
Erbse	16	4	16	3
Eichblatt-Salat	14	5	29	3
Feldsalat	8	2	12	3
Fenchel	18	8	25	5
Grünkohl	20	6	21	4
Gurke (Freiland)	19	11	40	6
Gurke (Gewächshaus)	30	18	60	8
Kartoffeln	23	9	38	6
Kohl	27	8	35	5
Kohlrabi	23	8	30	7
Kopfsalat	15	6	30	3
Kräuter	12	4	20	2
Kürbis	23	12	47	9
Mangold	12	6	16	5
Meerrettich	4	2	10	1
Melone (Freiland)	19	11	40	7
Melone (Gewächshaus)	30	18	60	8
Möhren	13	7	40	3
Paprika (Freiland)	17	3	40	8
Paprika (Gewächshaus)	27	5	36	8
Pastinake	13	4	24	3
Petersilie (Wurzel)	13	4	24	3
Pflücksalat grün/rot (Lollo)	13	5	28	3
Porree	23	7	31	3
Radicchio	14	5	28	3
Radieschen	9	4	20	3
Rettich	15	8	35	3
Rhabarber	18	3	42	3
Romanasalat	14	5	30	3
Rosenkohl	30	11	44	3
Rote Bete	16	7	36	7
Rotkohl	22	7	32	3
Rucola	15	5	26	3
Salate	15	5	30	3
Schwarzwurzel	13	6	18	3
Sellerie (Knollen)	20	9	42	3
Sellerie (Stangen)	16	9	40	3
Spargel	10	3	8	3
Spinat	17	5	32	4
Stangenbohnen	21	7	32	7
Tomate (Freiland)	20	6	40	4
Tomate (Gewächshaus)	35	10	72	8
Weißkohl	27	8	34	5
Wirsing	30	9	35	4
Zucchini	20	7	32	6
Zuckerhut	16	6	30	3
Zuckermais	16	6	28	6
Zwiebel	13	5	16	3

Tabelle 11: Stickstoff-, Phosphat-, Kalium- und Magnesiumbedarf von Sommerblumen und Stauden pro Jahr (berechnet nach Röber und Schacht, 2008)

Kultur (überwiegend)	N (g/m ²)	P ₂ O ₅ (g/m ²)	K ₂ O (g/m ²)	MgO (g/m ²)
einjährige Sommerblumen (gemischte Pflanzung auf Beet)	12	3	14	2
Steingarten- und Waldstauden	4	1	6	1
Trockenheitsverträgliche Freiflächen- und Waldrandstauden	6	2	11	1
Wasserrand- und feuchtigkeitsliebende Freiflächenstauden	9	3	15	1
Beetstauden	11	3	19	2

Tabelle 12: Stickstoff-, Phosphat-, Kalium- und Magnesiumbedarf von Rasen pro Jahr (berechnet nach Röber und Schacht, 2008)

Kultur (überwiegend)	N (g/m ²)	P ₂ O ₅ (g/m ²)	K ₂ O (g/m ²)	MgO (g/m ²)
Blumenwiese (extensiv)	2	1	1	1
Gebrauchsrasen	8	2	5	1
Strapazierrasen	18	5	11	3
Zierrasen	25	8	16	3

Der N-Bedarf für eine Vegetationsperiode beträgt bei häufig gemähtem Rasen etwa 15 bis 20 g/m². Während der Wachstumsperiode sollte eine Einzelgabe 4 bis 5 g Stickstoff/m² nicht überschreiten, da durch eine Überversorgung mit Stickstoff die Belastbarkeit der Gräser gemindert wird. Im Spätherbst (Mitte Oktober bis Ende November) ist eine Kaliumdüngung auf unzureichend mit Kalium versorgten Böden vorteilhaft. Sie erhöht u. a. die Kältetoleranz und die Widerstandskraft gegen Pilzinfektionen und verbessert die Narbendichte und das Wurzelwachstum.

Nährstoffbedarf von Ziergehölzen:

Rosen, Ziersträucher, Laub- und Nadelbäume

Der Stickstoffbedarf von Ziergehölzen ist mit Ausnahme von Rosen gering, sodass das Stickstoffangebot des Bodens (Vorrat und Nachlieferung an Mineralstickstoff) in vielen Fällen bereits zur Deckung des Stickstoffbedarfs weitgehend ausreicht. Ist eine Stickstoffdüngung erforderlich, sollte sie erst ab Mai ausgebracht werden, da die Stickstoffreserven in Holz und Rinde für das Triebwachstum im Frühjahr ausreichend sind. Durch die späte Düngung wird vor allem die Gefahr der Nitrat- auswaschung im Frühjahr vermindert.

Um die Stickstoffaufnahme und somit den Stickstoffbedarf von Ziergehölzen genauer abschätzen zu können, kann im Erwerbsanbau eine Messung des Frischmasseertrages als Berechnungsgrundlage herangezogen werden. Da dies im Freizeitgartenbau zu aufwendig ist, werden hier nur pauschale Werte für den Stickstoffbedarf von Gehölzen angegeben (Tabelle 13).

Generell erhöht eine Abdeckung des Bodens mit **Rindenmulch** den Stickstoffbedarf um 4 bis 8 g/m², da beim Abbau des Rindenmulchs durch Mikroorganismen Stickstoff festgelegt wird. Um Stickstoffmangel an den Pflanzen zu vermeiden, muss der erhöhte Bedarf durch zusätzliche Stickstoffdüngung mit einem langsam wirkenden Dünger (z. B. Hornspäne) ausgeglichen werden. Eine Düngung mit Phosphat, Kalium und Magnesium sollte sich grundsätzlich am Bedarf (Tabelle 13) und an der bei diesen Nährstoffen im Boden vorliegenden Gehaltsklasse orientieren.

Tabelle 13: Stickstoff-, Phosphat-, Kalium- und Magnesiumbedarf von Rosen, Ziersträuchern, Laub- und Nadelbäumen (berechnet nach Röber und Schacht, 2008)

Kultur (überwiegend)	N (g/m ²)	P ₂ O ₅ (g/m ²)	K ₂ O (g/m ²)	MgO (g/m ²)
Bodendeckerrosen	10	4	10	1
Edel-, Strauch-, Kletterrosen	18	4	15	2
Ziersträucher	5	2	6	1
Laub- und Nadelbäume	7	3	3	1

Nährstoffbedarf von Obstgehölzen

Obstbäume und -sträucher haben ähnlich wie Ziergehölze einen geringeren Nährstoffbedarf als die meisten Gemüsekulturen. Reichen beim Stickstoff der Vorrat und die Nachlieferung des Bodens nicht zur Bedarfsdeckung (Tabelle 14) aus, erfolgt die N-Düngung von Obstgehölzen aufgeteilt auf zwei Termine: Ende März/Anfang April zum Zeitpunkt der Blüte und Anfang/Mitte Juni zur Zeit des Hauptfruchtwachstums, da dann der Stickstoffbedarf am höchsten ist.

Tabelle 14: Stickstoff-, Phosphat-, Kalium- und Magnesiumbedarf von Obstkulturen pro Jahr (berechnet nach Röber und Schacht, 2008)

Kultur (überwiegend)	N (g/m ²)	P ₂ O ₅ (g/m ²)	K ₂ O (g/m ²)	MgO (g/m ²)
Apfel, Birne	3	2	6	4
Brombeere, Stachelbeere	4	1	4	2
Erdbeere	6	2	13	3
Himbeere	3	1	4	1
Johannisbeere	6	2	8	2
Kulturheidelbeere	3	1	4	1
Pfirsich	4	2	8	4
Pflaume, Zwetschge, Mirabelle	7	2	8	4
Sauerkirsche	8	2	8	4
Süßkirsche	4	2	8	4

Werden organische Dünger verwendet, muss berücksichtigt werden, dass diese zunächst mineralisiert werden müssen, bevor die Pflanze den Stickstoff aufnehmen kann – daher müssen sie etwa vier Wochen früher ausgebracht werden. Um die Frosthärte der Gehölze zu erhöhen, ist ein früher Triebabschluss notwendig. Dieser wird dadurch erreicht, dass ab Juli keine Stickstoffdüngung mehr erfolgt (Neumüller, 2009). Bei der Düngung mit Phosphat, Kalium und Magnesium ist wie bei den Ziergehölzen neben dem Bedarf (Tabelle 14) die im Boden vorliegende Gehaltsklasse heranzuziehen.

Nährstoffbedarf von Mischkulturen

Unter einer Mischkultur ist der gleichzeitige Anbau verschiedener Pflanzenarten auf einem Beet zu verstehen. Ziel ist dabei die optimale Ausnutzung der vorhandenen Gartenfläche – z. B. passt zwischen zwei Erbsenreihen eine Reihe Radieschen. Durch die zeitlich gestaffelte Abfolge mehrerer Kulturen wird die Bodenoberfläche während der gesamten Vegetationszeit weitgehend bedeckt. Verschiedene Gemüsearten sollen einen günstigen Einfluss aufeinander ausüben. Dies lässt sich allerdings nur schwer nachweisen und in der Literatur finden sich z. T. einander widersprechende Aussagen.

Die Verwendung von Mischkulturen im Gemüsegarten hat neben den genannten Vorteilen auch einige Nachteile, die vor allem die Bemessung der Düngungshöhe betreffen.

Ein allgemeines Problem von Mischkulturen ist der enge Stand, der zu Konkurrenz um Licht und Luft führt. Zu eng stehende Pflanzen bilden lange, schwache Triebe und sind daher krankheitsanfälliger. Wichtig ist es daher, Zwischenkulturen mit

kurzer Standzeit, die in Kombination mit Pflanzen mit längerer Entwicklungszeit stehen, zu ernten, bevor die Hauptkultur bedrängt wird. Auch die Pflege (Hacken) und die Ernte werden bei zu engem Stand erschwert. Eine genaue Vorplanung unter Kenntnis der erforderlichen Standräume ist unabdingbar, wenn eine Mischkultur angebaut werden soll.

Bei der Bemessung der Düngungshöhe von Mischkulturen muss berücksichtigt werden, dass der vorhandene Platz teilweise mehrfach ausgenutzt wird und sich die Düngermengen daher addieren. Wird die Fläche allerdings nicht zeitgleich mehrfach genutzt, sondern sonst ungenutzte Standräume belegt, addieren sich die Düngermengen nicht. Die fachlich exakte Bemessung der Düngungshöhe von mehr als zwei oder drei Pflanzenarten in Mischkultur auf einem Beet ist nicht möglich, da die Standräume der einzelnen nicht bekannt und die anzurechnenden Stickstoffmengen aus der Nachlieferung aufgrund der unterschiedlichen und überlappenden Kulturdauerzeiträume nicht zu fassen sind. Aus Sicht der Pflanzenernährung sind daher Mischkulturen mit mehr als zwei Arten nicht zu empfehlen.

Kalkbedarf

Der optimale pH-Wert für einen Boden hängt von der Bodenart und dem Humusgehalt ab (siehe Tabelle 5). Bei abfallender Tendenz ist alle drei bis vier Jahre eine Erhaltungskalkung mit kohlenisaurem Kalk (CaCO_3) in Mengen von 150 g/m^2 auf leichten Böden bzw. 250 g/m^2 auf schwere Böden durchzuführen. Deutlich zu niedrige pH-Werte können durch die Gabe von höheren CaCO_3 -Mengen korrigiert werden. Einzelne Gaben sollten dabei 270 g/m^2 auf leichten und 1000 g/m^2 auf mittleren bis schweren Böden nicht überschreiten.

Liegt der pH-Wert oberhalb des empfohlenen Bereichs, muss er nicht korrigiert werden, solange die Pflanzen auf dem Boden zufriedenstellend gedeihen. Zu hohe pH-Werte des Bodens führen bei empfindlichen Kulturen (z. B. Hortensien) allerdings häufig zu Spurennährstoffmangel (vor allem Eisenmangel), da diese bei hohen pH-Werten schlechter pflanzenverfügbar sind. Ist eine Absenkung notwendig, kann diese langfristig durch einen Verzicht auf Kalkung und auf Kompostgaben (denn Kompost enthält in der Regel Kalk) erreicht werden.

Mit Kompost oder Stallmist, den sogenannten Wirtschaftsdüngern, geht mancher Gärtner viel sorgloser um als mit Mineraldüngern: „Ist ja alles rein organisch und ganz natürlich!“ Oder: „Ich dünge nie, ich gebe nur Stallmist und Kompost!“ Diese Stoffe sind jedoch genauso als Dünger zu behandeln. Ihre relativ niedrigen Nährstoffgehalte im Vergleich zu Handelsdüngern werden durch höhere Ausbringungsmengen ausgeglichen – die verabreichte Nährstoffmenge ist dann letztlich dieselbe (siehe Tabelle 17). Dies trifft insbesondere für Phosphat und Kalium zu.

Dementsprechend gelten die Regeln für die Anwendung von Handelsdüngern auch für die Wirtschaftsdünger. Der einzige Unterschied besteht darin, dass Mengenangaben nicht in Gramm, sondern meist in Litern oder Kilogramm erfolgen.

Kompost

Werden regelmäßig überhöhte Kompostmengen ausgebracht, so erhält der Boden fortlaufend wesentlich mehr Nährstoffe als durch das Pflanzenwachstum entzogen werden. Dieses führt langfristig zu einer Nährstoffanreicherung, vor allem an Phosphat, im Boden. So wurde in einer Erhebungsuntersuchung an 1600 bayerischen Gartenböden nachgewiesen, dass 86 % hohe bis sehr hohe Phosphatgehalte aufwiesen. Der Phosphatvorrat in diesen Böden ist so hoch, dass eine Düngung mit diesem Nährstoff häufig jahrzehntelang unterbleiben kann, ohne dass bei den Pflanzen ein Phosphatmangel zu erwarten ist.

Da eine Kompostausbringung vor allem mit einer (Phosphat-)Düngung gleichgestellt werden kann, sind auf Böden mit hohen Phosphatgehalten – aus Sicht der Pflanzenernährung – Kompostgaben nicht sinnvoll. Würde man aber auf eine Kompostausbringung verzichten, so entfielen das letzte Glied aus dem Stoffkreislauf „Boden-Abfall-Kompost-Boden“. Somit wäre das Konzept der geschlossenen Kreislaufwirtschaft im Garten nicht schlüssig und als Konsequenz müsste die Kompostierung unterbleiben. Dies ist aber aufgrund der vielen Vorteile der Kompostierung nicht wünschenswert. Um aber die Phosphatgehalte im Boden nicht noch weiter anzuheben, sollte die pro Jahr gegebene Kompostmenge an deren Phosphatgehalt (Tabelle 15) orientiert sein. Es gilt daher als Faustregel, dass pro Gemüsekultur bzw. pro Jahr im Ziergarten auf einem Quadratmeter maximal 3 l Kompost ausgebracht werden sollten, wenn der Boden in die Phosphat-Gehaltsstufe C bis E einzustufen ist. Das entspricht einer Schichtdicke von nur 3 mm und ist daher nach der Ausbringung lediglich eine dünne, lückenhafte Schicht! Weitere Phosphatgaben sollten dann unterbleiben, da der Bedarf der Pflanzen bereits vollständig gedeckt ist.



Bild 2: Eine Kompostmiete liefert wertvollen organischen Dünger.

DÜNGEWIRKUNG VON BODENVERBESSERUNGEN

Bei geringerer P-Versorgung des Bodens (Gehaltsstufe A und B) kann die notwendige Phosphatdüngung durch eine jährliche Kompostgabe von 6 l/m² erfolgen.

Der im Kompost enthaltene Stickstoff entfaltet seine Wirkung nur sehr langsam – es werden nur rund 3 bis 5 % des enthaltenen Gesamtstickstoffs pro Jahr mineralisiert und somit pflanzenverfügbar. Daher ist in der Regel eine ergänzende Stickstoffdüngung zur Deckung des Stickstoffbedarfs der Pflanzen erforderlich. Bei langjähriger Kompostausbringung ist dies allerdings nicht immer notwendig, da sich organisches Material im Boden anreichert, aus dem fortwährend Stickstoff nachgeliefert wird. Diese Menge ist bei der Stickstoffdüngung anzurechnen.

Tabelle 15: Durchschnittliche Nährstoffgehalte von Gartenkompost

verfügbarer Stickstoff N g/l	Phosphat P ₂ O ₅ g/l	Kalium K ₂ O g/l	Magnesium MgO g/l
0,75	4	9	2

Speziell im Freizeitgartenbau tritt häufig das Problem auf: „Wohin mit dem ganzen Kompost?“. Die Lösung ist recht einfach: Kompost sollte überall dort ausgebracht werden, wo er anfällt. Landet die gesamte Menge auf dem Gemüsebeet, wird dieses vollkommen mit Nährstoffen überfrachtet. Davon abgesehen ist der Einsatz von Kompost auch auf Rasen- und Blumenbeeten oder unter Gehölzen sinnvoll, denn er hat einen positiven Einfluss auf die Bodeneigenschaften und verbessert damit die Wachstumsbedingungen. Weitere Informationen zur Anwendung von Kompost im Garten sind in dem „Leitfaden für die Kompostierung im Garten“ zu finden. (Download unter www.hswt.de/freizeitgartenbau).

Mist

Ähnlich wie Kompost wirken auch Stallmistgaben bodenverbessernd – die Wasserhaltefähigkeit von leichten Sandböden und der Lufthaushalt von schweren Lehmböden wird erhöht. Nicht unberücksichtigt bleiben darf die Nährstoffzufuhr mit den Mistgaben. In Abhängigkeit von der Tierart, der Menge an beigemischter Einstreu, der Zusammensetzung des Tierfutters und anderen Faktoren schwanken die Nährstoffgehalte stark (Tabelle 16).

Vor der Anwendung sollte der Mist mindestens ein Jahr abgelagert oder einer Kompostierung unterzogen werden. Ein flaches Einarbeiten in den Boden im Frühjahr führt zu einer schnellen Zersetzung durch die Bodenorganismen, wodurch die enthaltenen Nährstoffe pflanzenverfügbar werden. Aufgrund der hohen Gehalte an organischer Substanz und an Nährstoffen sollte immer nur entweder Kompost oder Mist auf einer Fläche ausgebracht werden. Die in Tabelle 17 aufgeführten Werte zeigen, dass die mit Wirtschaftsdüngern in üblichen Aufwandsmengen zugeführten Nährstofffrachten durchaus den Mengen bei Verwendung von Handelsdüngern entsprechen, bzw. diese sogar deutlich überschreiten.

*Tabelle 16: Durchschnittliche Nährstoffgehalte von Mist in der Frischmasse
(nach Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2014;
Landwirtschaftskammer Niedersachsen, 2021)*

Nährstoffgehalte von Mist	verfügbarer Stickstoff N g/kg	Phosphat P_2O_5 g/kg	Kalium K_2O g/kg	Magnesium MgO g/kg
Geflügelmist	bis 27	bis 21	bis 19	5 bis 6
Hühner-/Taubentrockenkot	22 bis 25	20	17 bis 18	8
Pferdemist	4 bis 5	3	8 bis 10	1 bis 2
Rindermist	5 bis 6	3	8 bis 10	1 bis 2
Schafsmist	8 bis 10	6 bis 7	12 bis 13	2 bis 3
Schweinemist	6 bis 7	6 bis 7	6 bis 7	2 bis 3
Kaninchenmist	18	19	9	1 bis 2

Tabelle 17: Nährstoffzufuhr mit Kompost- und Mistgaben im Vergleich zu Handelsdüngern bei üblicher Aufwandmenge

Nährstoffgehalte durch Wirtschafts- und Handelsdünger	verfügbarer Stickstoff N g/m ²	Phosphat P_2O_5 g/m ²	Kalium K_2O g/m ²	Magnesium MgO g/m ²
Wirtschaftsdünger				
Rinder-/Pferdemist (3 kg/m ²)	15	9	27	4 bis 5
Hühner-/Taubentrockenkot (0,3 kg/m ²)	7	6	5	2
Kompost (3 l/m ²)	2	12	27	6
Handelsdünger				
organisch-mineralischer Handelsdünger (8-4-10-2) (100 g/m ²)	8	4	10	2
mineralischer Handelsdünger (z. B. 15-5-20-2) (100 g/m ²)	15	5	20	2

Daher müssen die Nährstoffgehalte in Wirtschaftsdüngern in jedem Fall bei der Berechnung der Düngermengen berücksichtigt werden. Besondere Beachtung sollten dabei die hohen Phosphatzufuhren mit Kompost und Mist im Vergleich zu Handelsdüngern finden. Die Aufwandmengen für Kompost und Mist werden daher aufgrund der Phosphatgehalte begrenzt – bei Kompost 3 l/m² sowie bei Rinder- und Pferdemist 3 kg/m².

Gründüngung und Vegetationsrückstände

Unter einer Gründüngung ist die Einsaat schnell wachsender Pflanzenarten und anschließende Einarbeitung der aufgewachsenen Pflanzenmasse in den Boden zu verstehen. Gründüngungspflanzen sind seitens der Nährstoffe wie Gartenpflanzen zusammengesetzt und damit ideal zur Deckung des Nährstoffbedarfs der Kulturen geeignet.

Die Nährstoffe werden allerdings erst nach dem Verrotten des organischen Pflanzenmaterials für die Nachfolgekultur verfügbar. Die Mineralisierung des organisch gebundenen Stickstoffs aus den Gründüngungspflanzen erfolgt dabei rasch, sodass er in nennenswertem Umfang für die Folgekultur als pflanzenverfügbar angerechnet werden muss.

Zu den Leguminosen (Schmetterlingsblütler, Fabaceae) gehörende Arten reichern zusätzlich den Stickstoffvorrat des Bodens an, da sie den in der Luft enthaltenen Stickstoff binden können. Weitere bekannte Beispiele für Gründüngungspflanzen sind Ölrettich (*Raphanus*) und Bienenweide (*Phacelia*).

In dem Programm „DiG“ wird die durch die Gründüngungspflanzen anrechenbare Stickstoffmenge nach deren Aufwuchshöhe beurteilt. Dabei liegen die in Tabelle 18 genannten Werte zugrunde, die auch bei der Berechnung der N-Zufuhr durch Gründüngungspflanzen ohne Programm verwendet werden können.

Werden Erntereste (z. B. Kohl- oder Salatblätter) oder sonstige Vegetationsrückstände in den Boden eingearbeitet, so kann deren Stickstoffgehalt vereinfacht mit 1,5 g/m² bei der Düngungsbemessung in Rechnung gebracht werden. Bei sehr großen Mengen an Vegetationsrückständen kann der Wert verdoppelt werden.

Tabelle 18: Bewertung der N-Zufuhr durch Gründüngungspflanzen anhand der Aufwuchshöhe

Aufwuchshöhe der Gründüngung (cm)	anrechenbare N-Menge (g/m ²)
< 5	1
5 bis 14	2
15 bis 30	4
> 30	6

Welche Dünger gibt es?

Auf dem Düngemarkt herrscht eine große Angebotsvielfalt. Dabei werden die einzelnen Dünger häufig für bestimmte Kulturen empfohlen (siehe Abbildung 5), obwohl es viele sinnvollere Möglichkeiten gibt, Düngemittel einzuteilen. Kriterien wären z. B. Herkunft, Anzahl und Bindungsform enthaltener Nährstoffe, Nährstoffverhältnis sowie Wirkungsdauer.



Abbildung 5: Angebotsvielfalt auf dem Düngemarkt

Einteilung in organische und mineralische Dünger

Organische Dünger enthalten die Nährstoffe in organischer Form, d. h. in pflanzlichem oder tierischem Material. Hierzu zählen z. B. Horndünger, Knochenmehl, Schafwollpellets, Lupinenschrot oder Pflanzenkali. Beim Einsatz von organischen Düngern ist zu berücksichtigen, dass sie nicht sofort wirken. Die organisch gebundenen Nährstoffe müssen zunächst mineralisiert werden, damit die Pflanzen sie aufnehmen können. Bei Horndüngern hängt die Mineralisierungsgeschwindigkeit vom Vermahlungsgrad ab: Hornspäne setzen den Stickstoff langsamer frei als Hornmehl. Horngrieß liegt in der Wirkungsgeschwindigkeit dazwischen. Der Einsatz von Hornspänen oder Schafwollpellets ist bei den meisten Gartenkulturen nicht zu empfehlen, da die Umsetzungszeit im Vergleich zur Kulturdauer zu lang ist. Somit steht den Kulturen zum Zeitpunkt des N-Bedarfs nicht genügend Stickstoff zur Verfügung, da er noch nicht pflanzenverfügbar ist. Dies ist vor allem im Frühjahr ein Problem, wenn die Böden noch kalt sind und die Mineralisierung deswegen reduziert ist.

Mineraldünger liefern die Nährstoffe in mineralischer (= anorganischer) Form. Die Rohstoffe für mineralische Phosphat- und Kaliumdünger werden in Salzlagerstätten bergmännisch abgebaut, gereinigt, vermahlen und gegebenenfalls chemisch aufbereitet. Mineralische Stickstoffdünger werden demgegenüber industriell hergestellt.

GEEIGNETE DÜNGER WÄHLEN UND MENGE BERECHNEN

Organisch-mineralische Dünger enthalten einen Teil der Nährstoffe in organischer und einen anderen Teil in mineralischer Form. Hornoska besteht z. B. aus Hornmehl (liefert Stickstoff), Knochenmehl (liefert Phosphat) und mineralischem Kalium.

Einteilung nach Herkunft

Als **Wirtschaftsdünger** bezeichnet man Düngemittel, die als Nebenprodukt in der Landwirtschaft oder in der gärtnerischen Produktion anfallen. Hierzu zählen Kompost, Gülle, Mist und dergleichen. Alle organischen und mineralischen Dünger, die man abgepackt im Handel kauft, werden dagegen als Handelsdünger bezeichnet.

Einteilung nach der Anzahl der enthaltenen Nährstoffe und dem Nährstoffverhältnis

Je nachdem, ob in einem Dünger ein einzelner oder mehrere Pflanzennährstoffe enthalten sind, wird von Einzel- oder Mehrnährstoffdüngern gesprochen. Eine andere Möglichkeit der Einteilung ist die in Haupt- und Spurennährstoffdünger. Volldünger enthalten alle Nährstoffe – allerdings nicht unbedingt in dem Verhältnis, wie es von den Pflanzen benötigt wird.

Die **Nährstoffgehalte** sind auf der Verpackung angegeben. Bei Mehrnährstoffdüngern werden sie immer in der Reihenfolge N – P₂O₅ – K₂O aufgelistet, wobei die Angabe in Prozent erfolgt. Ein Dünger mit der Angabe 15-8-20 enthält also 15 % N, 8 % P₂O₅ und 20 % K₂O. Weitere Nährstoffgehalte, wie z. B. die von Magnesium, Calcium und Spurenelementen werden ebenfalls als Prozentwerte angegeben.

Anhand ihres Verhältnisses der Hauptnährstoffe N und K werden Dünger als **stickstoffbetont**, **kalibetont** oder als **ausgeglichen** bezeichnet. Sind die Prozentzahlen von N und K₂O in etwa gleich hoch, handelt es sich um einen ausgeglichenen Dünger. Bei deutlich höherem Stickstoff- als Kaliumgehalt ist der Dünger stickstoffbetont. Im umgekehrten Fall wird von einem kaliumbetonten Dünger gesprochen. Zum Teil werden auch phosphatbetonte Dünger – oft als Blütendünger – angeboten. Aus Sicht der Pflanzenernährung sind diese Dünger jedoch nicht sinnvoll.

Einteilung nach der Wirkungsdauer

Hinsichtlich der Wirkungsdauer werden Dünger in sofort wirksame Produkte und Depotdünger (= Langzeitdünger) unterschieden. Mineralische Depotdünger sind unter Angabe der Wirkungsdauer als solche gekennzeichnet. Auch organische Dünger haben eine Depotwirkung, da die enthaltenen Nährstoffe der Pflanze erst im Lauf der Zeit durch Mineralisierung zur Verfügung stehen. Zum Teil werden fälschlicherweise auch ammoniumhaltige Stickstoffdünger als Depotdünger bezeichnet. Das Vorliegen von Stickstoff in Ammoniumform bietet gegenüber der Nitratform zwar einen gewissen Schutz vor Auswaschung; die Pflanzenverfügbarkeit ist aber unmittelbar gegeben, d. h. es findet keine kontinuierliche Freisetzung von Stickstoff statt.

Nährstoffgehalte einiger Dünger

Als Beispiele für die breite Palette an Düngern sind einige wichtige mit Angabe der Nährstoffgehalte in Tabelle 19 aufgelistet.

*Tabelle 19: Nährstoffgehalte einer Auswahl wichtiger Düngemittel (Evers, 1999, *Compo, 2019)*

Dünger	Bezeichnung	Stickstoff N (%)	Phosphat P ₂ O ₅ (%)	Kalium K ₂ O (%)	Magnesium MgO (%)
organische Handelsdünger – Einzel- und Mehrnährstoffdünger	Hornmehl, -grieß,-späne	10 bis 14	-	-	-
	Knochenmehl (entleimt)	-	30	-	-
	Pflanzenkali	-	-	25	-
	Horn- und Knochenmehl	7	12	-	-
	Vinasse NK flüssig	5	-	7,5	-
	organische Volldünger	6	6	6	5
organisch-mineralische Handelsdünger – Mehrnährstoffdünger	Hornoska	7	4	8	3
	Maltaflor Universal	5	3	5	-
Mineraldünger – Einzelnährstoffdünger	Ammonsulfatsalpeter	26	-	-	-
	Schwefelsaures Ammoniak	21	-	-	-
	Superphosphat	-	18	-	-
	Kaliumsulfat	-	-	50	-
	Korn Kali	-	-	40	-
	60er Kali	-	-	60	-
	Bittersalz	-	-	-	16
	Kieserit	-	-	-	27
Mineraldünger – Mehrnährstoffdünger	Kalimagnesia	-	-	30	10
	Gartendünger Blau Spezial* („Blaukorn“)	12	8	16	3
	Nitrophoska perfekt	15	5	20	2

In Verbindung mit Kompost reicht meist eine ergänzende Stickstoffdüngung aus bzw. ist der Einsatz von phosphatarmen bzw. -freien Mehrnährstoffdüngern (organisch oder mineralisch) sinnvoll.

Welcher Handelsdünger ist der richtige?

Folgende drei Fragen helfen bei der Auswahl eines Düngers:

Welche Nährstoffe müssen laut Bodenanalyse und Bedarf der Pflanzen gedüngt werden?

Bei der Auswahl des Düngers spielt dessen Nährstoffverhältnis eine wichtige Rolle. Die optimale Relation ergibt sich aus den untersuchten Nährstoffgehalten im Boden und dem jeweiligen Bedarf der Pflanzen. Auf Böden, die beispielsweise mit Phosphat üerversorgt sind, dürfen keine P-haltigen Düngemittel mehr ausgebracht werden.

Im Grunde ist es bei der Düngerwahl gleichgültig, welche Bezeichnung auf der Packung steht. Rasen-, Blumen-, Tomatendünger können sich genauso für andere Kulturen eignen, wenn das Nährstoffverhältnis passt. Falls sich aus der Bodenanalyse ein Bedarf an stickstoffbetontem Dünger ergibt, spricht z. B. nichts dagegen, einen Rasendünger auf einem Gemüsebeet auszubringen. Eine Ausnahme bilden Azaleen- bzw. Moorbeetdünger sowie Zitruspflanzendünger, da sie absenkend auf den pH-Wert wirken, was in der Regel nur bei diesen Kulturen nötig ist.

Passen die Wirkungsgeschwindigkeit und die Wirkungsdauer zur Pflanzenart und zur Jahreszeit?

Ein weiteres wichtiges Kriterium bei der Düngerauswahl ist dessen Wirkungsgeschwindigkeit und Wirkungsdauer. Organische Dünger entfalten ihre Wirkung erst nach einem mikrobiellen Abbau im Boden, was einige Tage bis Wochen dauern kann. Dafür hält die Freisetzung der Nährstoffe über längere Zeit (Wochen bis Monate) an. Je feiner organischer Dünger vermahlen ist, desto schneller wird er aufgrund der größeren Oberfläche umgesetzt. So wirkt Hornmehl relativ schnell und kurz, Hornspäne dagegen wesentlich langsamer und dafür länger.

Auch unter den Mineraldüngern gibt es Depotdünger, ihre Wirkungsdauer ist auf der Verpackung angegeben. Sofern nicht sofort wirkende Bestandteile zugesetzt sind, muss bei solchen Produkten immer eine verzögert einsetzende Wirkung eingeplant werden.

Unabhängig davon, ob organisch oder mineralisch gedüngt wird, ist die Wirkung von Langzeitdüngern umso stärker verzögert, je niedriger die Temperaturen sind. Bei Pflanzenarten mit sehr kurzer Kulturzeit wie z. B. Spinat oder Kopfsalat hat sich deshalb der Einsatz von mineralischen Depotdüngern und Hornspänen – insbesondere im zeitigen Frühjahr – nicht als zweckmäßig erwiesen. Aufgrund der Verzögerung sind solche Dünger auch nicht für Düngungen im Herbst geeignet.

EDV-basierte Unterstützung bei der Suche nach dem passenden Dünger bietet das Programm „Düngung im Garten“. Nach Eingabe der Nährstoffgehalte des Bodens und Auswahl einer Kultur listet es automatisch geeignete Düngemittel auf.

Organische oder mineralische Düngung?

Für das Wachstum der Pflanze ist es ohne Einfluss, ob die Nährstoffe in organischer oder in mineralischer Form zugeführt werden. Die Pflanzenwurzel nimmt sie allerdings nur in Mineralform auf; organisch gebundene Nährstoffe gelangen erst nach ihrer Mineralisation in die Pflanze. Organische Dünger weisen dadurch eine gewisse Depotwirkung auf, da durch die fortwährende Mineralisation über einen längeren Zeitraum hinweg Nährstoffe abgegeben werden. Prinzipiell bleibt die Entscheidung zwischen organischem und mineralischem Düngemittel den persönlichen Vorlieben des Gärtners überlassen.

Berechnung der erforderlichen Düngermenge

Aufgrund der Unterschiede bezüglich der Nährstoffansprüche der Pflanzen und der Nährstoffgehalte im Boden variiert das optimale Verhältnis der Nährstoffe zueinander von einer Düngungsmaßnahme zur nächsten. Da es durch die vorhandenen Mehrnährstoffdünger meist nicht exakt abgedeckt wird, bestehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten, die notwendige Düngung zu optimieren. Beide stehen auch in dem Programm „DiG“ wahlweise zur Verfügung:

- A. Die Düngung wird **optimal an den Pflanzenbedarf angepasst** und berücksichtigt dabei das Nährstoffangebot des Bodens. Dabei werden für alle Nährstoffe nur die wirklich benötigten Mengen gegeben, Nährstoffüberhänge werden in keinem Fall akzeptiert. Dies hat aber zur Folge, dass zur Deckung des Stickstoff-, Phosphat- und Kaliumbedarfs in der Regel jeweils ein einzelner Dünger benötigt wird. Bei der Berechnung wird zweckmäßigerweise zuerst der Phosphatbedarf durch Verwendung eines Mehrnährstoffdüngers gedeckt, da hierfür kaum Einnährstoffdünger zur Verfügung stehen. Der zusätzliche Stickstoff- und Kaliumbedarf wird dann durch Einzelnährstoffdünger ergänzt.
- B. Wenn bei der Berechnung der Düngermenge akzeptiert wird, dass eventuell etwas mehr Phosphat und Kalium gedüngt wird als die Pflanze benötigt, kann die Düngung auch **hinsichtlich der Anzahl der erforderlichen Düngemittel optimiert** werden (Anwendung einer möglichst geringen Düngeranzahl). Für Stickstoff werden entsprechend der ersten Optimierungsmöglichkeit keine Überhänge hingenommen. Die akzeptierten Nährstoffüberhänge bei Phosphat und Kalium sind sowohl aus Sicht der Pflanzenernährung als auch aus ökologischer Sicht unproblematisch. Leider ist in manchen Fällen keine Reduktion der erforderlichen Düngeranzahl gegenüber Möglichkeit 1 realisierbar.

Ergibt sich aus den Ergebnissen der Bodenuntersuchung und den Nährstoffansprüchen der anzubauenden Kultur ein Düngbedarf an bestimmten Nährstoffen, sollten diese dem Boden zugeführt werden. Da kein Dünger zu 100 % aus Nährstoff besteht, muss die benötigte Düngermenge mithilfe des Nährstoffgehalts des Düngers errechnet werden. Dieser ist als Prozentzahl auf der Verpackung angegeben. Die Gehalte an Hauptnährstoffen (in %) sind in der Reihenfolge N – P₂O₅ – K₂O. Spurennährstoffe werden gesondert aufgelistet.

GEEIGNETE DÜNGER WÄHLEN UND MENGE BERECHNEN

Die Umrechnung des Düngebedarfs eines Nährstoffs auf die Düngermenge erfolgt mit folgender Formel.

Der Düngebedarf wird meist in g/m^2 angegeben, entsprechend ergibt sich aus der Formel auch die Düngemenge in g/m^2 .

$$\text{Düngemenge} = \frac{100}{\text{Nährstoffgehalt des Düngers in \%}} \times \text{Düngebedarf des Nährstoffs}$$

Beispiel: Für eine Gemüsekultur mit einem Kaliumbedarf von $34 \text{ g/m}^2 \text{ K}_2\text{O}$ wird folgende Menge an Kaliumsulfat (50 % K_2O) benötigt:

$$\frac{100}{50} \times 34 = 68 \text{ g/m}^2 \text{ Kaliumsulfat}$$

Um den Düngerbedarf für die gesamte bepflanzte Fläche zu ermitteln, muss dieser Wert noch mit der Flächengröße in m^2 multipliziert werden.

Am einfachsten ist die separate Berechnung für jeden Nährstoff, wenn Einzelnährstoffdünger verwendet werden. Komplizierter wird es, wenn Mehrnährstoffdünger zum Einsatz kommen: Der Gärtner muss dann entscheiden, welchen Nährstoff er bei der Berechnung der Düngermenge zugrunde legt. Aufgrund der Besonderheiten von Stickstoff (siehe Seite 43 ff) sollte die Düngermenge vorrangig auf die Stickstoffversorgung der Kultur abgestimmt werden, um dort keine Überhänge zu erzeugen. Die Zufuhr der restlichen enthaltenen Nährstoffe wird in den meisten Fällen nicht exakt dem Düngebedarf entsprechen, sodass diese entweder in zu hoher oder zu niedriger Menge verabreicht werden.

Beispiel:

Es soll eine Gemüsekultur mit einem Stickstoffdüngebedarf von 20 g/m^2 , einem Phosphatdüngebedarf von 5 g/m^2 und einem Kaliumdüngebedarf von 30 g/m^2 angebaut werden. Die Düngung soll mit klassischem Blaukorn (12-8-16) erfolgen und am Stickstoff ausgerichtet sein. Somit errechnet sich eine Düngermenge von:

$$\frac{100}{12} \times 20 = 167 \text{ g/m}^2$$

Diese 167 g Dünger enthalten dann neben 20 g Stickstoff auch 13 g P_2O_5 und 27 g K_2O . Da der Phosphatdüngebedarf (5 g/m^2) im Vergleich zum Stickstoff- und Kaliumdüngebedarf relativ gering ist, wird mit der Blaukorngabe fast das 3-fache

gedüngt.

Die Kaliumgabe von 27 g/m^2 mit 167 g Blaukorn entspricht in etwa dem Kaliumdüngedbedarf der Kultur. Blaukorn mit seinem hohen Phosphatgehalt ist für diesen Anwendungsfall ein ungeeigneter Dünger, da er dazu beiträgt, die im Boden sowieso meist schon vorhandenen hohen P-Vorräte weiter zu erhöhen. Der Mehrnährstoffdünger darf dann nicht verwendet werden und der Gärtner muss entweder ein besser geeignetes, d. h. P-ärmeres Produkt suchen oder auf Einzelnährstoffdünger zurückgreifen.

Vereinfacht wird diese Problematik durch das EDV-Programm „Düngung im Garten“. Es liefert anhand der Bodenanalyse eine Liste geeigneter Düngemittel und erleichtert auch den Abgleich zwischen den einzelnen Nährstoffen.

Die errechnete Düngermenge wird anschließend abgewogen und möglichst gleichmäßig auf der Fläche verteilt. Dabei kann es hilfreich sein, die Düngerration in mehrere gleich große Portionen aufzuteilen und die Fläche mit Sandlinien, Brettern, Schnüren oder dergleichen in Teilstücke zu untergliedern.

Zeitpunkt der Düngung

Wichtig für den Erfolg der Stickstoffdüngung ist neben der Menge auch der richtige Zeitpunkt. Üblich und auch sinnvoll ist die Aufteilung der Stickstoffdüngermenge in eine Grunddüngung (unmittelbar zu Kultur- bzw. Vegetationsbeginn) und eine oder mehrere Nachdüngungen (= Kopfdüngungen). Je kleiner die Pflanzen sind, desto geringer ist ihre Nährstoffaufnahme. In Abhängigkeit vom Wachstumsverlauf der Kultur ist daher eine Anpassung des Düngungszeitpunktes erforderlich. Wird zu früh gedüngt, besteht die Gefahr, dass der noch nicht benötigte Stickstoff ausgewaschen wird.

Eine Grunddüngung ist nur sinnvoll, wenn der aktuelle $N_{\min}$ -Vorrat im Boden niedrig ist (unter 5 g/m^2). Ansonsten ist es günstiger, die errechnete Stickstoffdüngung auf einen späteren Zeitpunkt, z. B. vier Wochen nach Kultur- bzw. Vegetationsbeginn, zu verschieben. Wird dagegen zu spät gedüngt, tritt Mangel und in der Folge eine Wachstumsreduktion auf. Der dann noch gegebene Stickstoff wird in manchen Fällen nicht mehr aufgenommen oder er wird zwar aufgenommen, aber nicht eingebaut, sondern als Nitrat gespeichert.

Eine einzelne Stickstoffdüngergabe sollte 10 g/m^2 nicht überschreiten. Liegt der Stickstoffbedarf höher, wird die Düngung in zwei oder bei Bedarf noch mehr Gaben im Abstand von einigen Wochen aufgeteilt. Ansonsten besteht die Gefahr, dass ein Teil des gedüngten Stickstoffs ausgewaschen wird, bevor die Pflanzen ihn benötigen und aufnehmen.

Die Phosphat-, Kalium- und Magnesiumdüngermenge wird in der Regel als einmalige Gabe zu Vegetationsbeginn verabreicht. Da diese Elemente im Boden nicht so leicht ausgewaschen werden, ist der Düngungszeitpunkt nachrangig, sodass auf Vorrat gedüngt werden kann.

Dreizehn mineralische Elemente, genannt Nährstoffe, braucht die Pflanze zum Leben. In Abwesenheit eines Nährstoffes sind normales Wachstum und Reproduktion der Pflanze nicht möglich. Die Nährstoffe unterscheiden sich in ihrer Funktion, Herkunft und Verfügbarkeit, in ihrem Vorkommen im Boden sowie in ihrer Dynamik in Boden und Pflanze. Je nach der für die Pflanze erforderlichen Menge werden sie in Makronährstoffe (Hauptnährstoffe) und Mikronährstoffe (Spurennährstoffe) eingeteilt. Tabelle 20 gibt einen Überblick über alle pflanzenbaulich relevanten Nährstoffe.

Tabelle 20: Überblick über die für die Pflanze lebensnotwendigen Nährstoffe (Bergmann, 1993)

Hauptnährstoffe		Spurennährstoffe	
Name	chemisches Zeichen	Name	chemisches Zeichen
Stickstoff	N	Eisen	Fe
Phosphor	P	Mangan	Mn
Kalium	K	Kupfer	Cu
Calcium	Ca	Zink	Zn
Magnesium	Mg	Bor	B
Schwefel	S	Molybdän	Mo
-	-	Chlor	Cl

Mit Ausnahme von Stickstoff sind alle Nährelemente im Ausgangsgestein der Bodenbildung vorhanden. Da die mineralische Bodensubstanz aus verwittertem Gestein besteht, enthält ein Boden automatisch die chemischen Bestandteile des Ausgangsgesteins. Stickstoff kommt dagegen nur in den organischen Bestandteilen des Bodens, d. h. im Humus vor.

Stickstoff (N)

Dynamik im Boden

Die natürliche Stickstoffquelle des Bodens ist der Humus. Darunter versteht man die Gesamtheit aller abgestorbenen, mehr oder weniger zersetzten pflanzlichen und tierischen Rückstände im Boden. Der Stickstoff ist darin organisch gebunden



Bild 3: Stickstoffmangel bei Spinat



Bild 4: Stickstoffmangel bei Feldsalat (rechts) im Vergleich zu optimaler Ernährung (links)



Bild 5: Stickstoffüberschuss bei Spinat

und dadurch für die Pflanze nicht direkt nutzbar. Ein geringer Anteil des Humus wird jedoch kontinuierlich von Mikroorganismen abgebaut, wodurch der organisch gebundene Stickstoff zu pflanzenverfügbarem Ammonium und Nitrat mineralisiert wird. Die Mineralisierung ist abhängig von der Bodentemperatur und -feuchte. Sie beginnt bei etwa 5 °C und erreicht ihr Maximum bei 25 °C und mäßiger Feuchte.

In einer Erhebungsuntersuchung an etwa 1 600 bayerischen Gartenböden wurde festgestellt, dass 97 % der Böden hoch mit Humus versorgt sind und somit dort potenziell viel Stickstoff mineralisiert und von den Pflanzen genutzt werden kann. Diese $N_{\min}$ -Nachlieferung während der Kulturzeit muss bei der Bemessung der Düngungshöhe berücksichtigt werden.

Stickstoff hat hinsichtlich der von den Pflanzen benötigten Menge einen engeren Optimalbereich als die anderen Hauptnährstoffe. Schon eine relativ geringe Unter- oder Überschreitung des Optimums kann zu Mangel- bzw. Überschusssymptomen führen. Hinzu kommt, dass der Gehalt an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Boden im Vergleich zu den anderen Nährelementen den stärksten Schwankungen unterliegt. Die Ursache hierfür ist, dass mineralischer Stickstoff ($N_{\min}$) zum Großteil in Form von Nitrat (NO_3) vorliegt. Nitrat ist ein negativ geladenes Molekül, das von den meist negativ geladenen Bodenpartikeln im Gegensatz zu positiv geladenen Teilchen kaum festgehalten werden kann. Es unterliegt daher verstärkt der Auswaschung, d.h. Niederschlagswasser kann es zunächst in tiefere, nicht durchwurzelte Bodenschichten und letztlich bis ins Grundwasser spülen. Der Vorgang der Auswaschung birgt gesundheitliche Risiken für Mensch und Tier, da in Deutschland ein Großteil des Trinkwassers aus dem Grundwasser gewonnen wird. Der Grenzwert für Nitrat liegt laut Trinkwasserverordnung bei 50 mg/l, erwünscht sind jedoch deutlich niedrigere Gehalte.

Alle diese Fakten machen Stickstoff zu dem Nährstoff, dem bei der Düngungsplanung die höchste Aufmerksamkeit und Sorgfalt gewidmet werden muss.

Funktion in der Pflanze

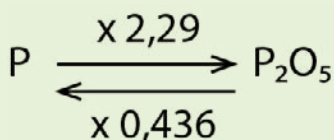
Stickstoff wird vor allem für das Wachstum von Trieben und Blättern benötigt. Er ist Baustein von Eiweiß und kommt im Erbgut sowie im Chlorophyll vor.

Ein **Mangel** an diesem Nährstoff hat daher ein reduziertes Wachstum mit dünnen Trieben und geringer Verzweigung zur Folge. Blätter vergilben flächig, im Extremfall treten z.T. rötliche Verfärbungen auf. Die Symptome sind an älteren Pflanzenteilen meist am stärksten, da der Nährstoff innerhalb der Pflanze leicht verlagerbar ist und bei Mangel verstärkt in die jungen Blätter und Triebspitzen transportiert wird.

N-Überschuss bedingt ein starkes Laubwachstum. Die Blätter sind dunkelgrün gefärbt und besitzen ein weiches Gewebe, die Zonen zwischen den Blattadern können blasig aufgewölbt sein. Solch ein üppiges Erscheinungsbild ist jedoch kein Grund zur Freude: Vermehrte Bildung von Laub geht oft zu Lasten der Blütenbildung und des Fruchtwachstums, weiches Gewebe erleichtert Schaderregern das Eindringen, und die Qualität der Ernteprodukte nimmt ab (verringerte Haltbarkeit, erhöhter Nitratgehalt, geringerer Gehalt an erwünschten Inhaltsstoffen wie z. B. Vitamin C).

Phosphor (P)

In der Praxis wird meist von Phosphat statt von Phosphor gesprochen, denn Phosphor liegt im Boden nie in der Elementarform vor, sondern immer in Verbindungen. Sowohl bei den Bedarfswerten der Pflanzen als auch bei den Gehaltsangaben auf Düngerverpackungen und in Böden wird Phosphat aus Gründen einer besseren Vergleichbarkeit traditionell immer in Form von P_2O_5 angegeben. P_2O_5 kommt aber weder im Boden, noch in der Pflanze oder im Dünger vor, sondern es handelt sich lediglich um eine rechnerisch ermittelte Bezugsgröße. Mit der folgenden Formel lassen sich die P_2O_5 -Gehalte in P-Gehalte und umgekehrt umrechnen:



Dynamik im Boden

Im Gegensatz zu Stickstoff unterliegt der P-Gehalt von Böden nur geringen Schwankungen. Auswaschung tritt so gut wie nicht auf, da das Phosphat Verbindungen mit anderen Elementen (Ca, Fe, Al) eingeht. Liegt der pH-Wert niedriger als 5,5 oder höher als 7,0 sinkt die Löslichkeit dieser Verbindungen stark ab, sodass der Pflanze weniger Phosphat zur Aufnahme zur Verfügung steht.



Bild 6: Phosphatmangel bei Feldsalat (rechts) im Vergleich zu optimaler Phosphatversorgung (links)

Als Folge kann P-Mangel auftreten, obwohl im Boden eigentlich eine ausreichende Phosphatmenge vorhanden ist. Auch Kälte, Staunässe, Trockenheit oder Bodenverdichtung können die Phosphataufnahme behindern. In allen Fällen hilft eine zusätzliche P-Düngung nicht, sondern die Bodeneigenschaften müssen dahingehend verändert werden, dass eine höhere Pflanzenverfügbarkeit des vorhandenen Phosphats gegeben ist.

86 % der untersuchten bayerischen Gartenböden wiesen hohe bis sehr hohe Phosphatgehalte (Klasse D und E) auf, die eine P-Versorgung der Pflanzen für viele Jahre sicherstellen.

Funktion in der Pflanze

Phosphor spielt eine zentrale Rolle im Energiehaushalt der Pflanze und ist Bestandteil der Erbsubstanz und von Zellmembranen. Die häufig anzutreffende Aussage „Phosphor fördert die Blüten- und Fruchtbildung“ stimmt in dieser Form nicht. Der Sinn einer P- und K-betonten Ernährung zum Kulturrende hin liegt vielmehr darin, dass ein Zuviel an Stickstoff zu diesem Zeitpunkt Blütenbildung und Fruchtreife behindern würde.

Ungenügende Phosphatversorgung hat Wachstumsinderungen zur Folge. Da aber keine Hemmung des Chlorophyllaufbaus stattfindet, verfärben sich die Blätter dunkel- bis stumpfgrün. Bei anhaltendem Phosphatmangel kommt es vorwiegend an älteren Blättern zu einer roten bis violetten Verfärbung.

Selbst ein deutliches Überangebot an P wirkt sich nicht negativ auf die Pflanzen aus.



Bild 7: Kaliummangel an Tomate

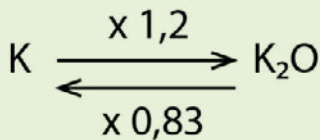
Kalium (K)

Dynamik im Boden

Kalium kann aufgrund seiner positiven Ladung vom Boden besser gehalten werden als das negativ geladene Nitrat. Da die Anlagerung vor allem an Tonminerale erfolgt, sinkt die Höhe der Auswaschung mit steigendem Tongehalt des Bodens. Dieses angelagerte Kalium bleibt pflanzenverfügbar. Bei bestimmten tonreichen Böden, besonders langfristig extensiv genutzten Auenböden, kann es allerdings auch zu einer Einlagerung von Kalium in den Zwischenschichten von Tonmineralen kommen. Durch diesen als

Fixierung bezeichneten Vorgang steht das Kalium den Pflanzen dann nicht mehr zur Verfügung. Moorböden sind von Natur aus arm an Kalium.

Ebenso wie Phosphat werden die Gehalte an Kalium in Böden und Düngern sowie die Bedarfszahlen der Pflanzen traditionell in Deutschland nicht als reiner Nährstoff K, sondern in Oxidform als K_2O angegeben. Mit folgender Formel lassen sich die Werte umrechnen:



Über die Hälfte der untersuchten Gartenböden in Bayern war hoch bis sehr hoch mit Kalium versorgt. Etwa ein Viertel der Böden wies optimale Kaliumgehalte auf. Allerdings trat auch bei etwa 20 % der untersuchten Böden eine Kaliumunterversorgung auf. Dies macht deutlich, dass eine Bodenuntersuchung notwendig ist, um den Kaliumgehalt des eigenen Bodens zu kennen und bei der Düngung zu berücksichtigen.

Funktion in der Pflanze

Für den Aufbau von Pflanzenmasse wird Kalium im Gegensatz zu Stickstoff und Phosphat nicht benötigt. Im Zellsaft gelöst, ist es für zahlreiche Stoffwechselvorgänge notwendig und reguliert den Zellinnendruck. Damit spielt Kalium eine zentrale Rolle für den Wasserhaushalt der Pflanze. Neben der Frostresistenz steigert Kalium auch die Festigkeit des Gewebes und damit die Standfestigkeit sowie die Widerstandskraft gegen Schaderreger.

Erstes Anzeichen für Kaliummangel ist häufig die sogenannte Welketracht: Trotz ausreichender Wasserversorgung sind die Blätter schlapp, hängen herab und rollen sich ein. Da Kalium in der Pflanze leicht verlagerbar ist, beginnen die anschließenden Vergilbungen an den Rändern und zwischen den Adern älterer bis mittelalter Blätter. Bald darauf sterben Teile des vergilbten Gewebes ab. Der Mangel bewirkt außerdem eine Verschlechterung des Geschmacks und der Haltbarkeit von Gemüse.

Spezifische Symptome für einen Kaliumüberschuss sind nicht bekannt. Stark überhöhte Düngergaben können zu Verbrennungen führen, die aber nicht durch den Nährstoff an sich, sondern durch die erhöhte Salzkonzentration verursacht werden. Bei sehr hohen Kaliumgehalten im Boden kann Magnesiummangel induziert werden, da zwischen diesen Nährstoffen eine Konkurrenz bei der Aufnahme besteht.



Bild 8: Apfelstippigkeit, hervorgerufen durch Calciummangel

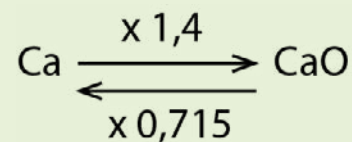
Calcium (Ca)

Dynamik im Boden

Im Boden trägt Ca durch die Verkittung von Bodenteilchen wesentlich zu einer günstigen Krümelstruktur von Mineralböden bei. Mit Ausnahme stark saurer Moorböden enthalten die meisten Böden genügend Calcium, um den Bedarf der Pflanzen zu decken. Kommt es zu

Mangelsymptomen, liegt es daran, dass die Pflanze den Nährstoff nicht an den Ort des Bedarfs zu transportieren vermag.

Die Angabe von Calciumgehalten auf Düngemitteln erfolgt in Form von CaO, dies lässt sich mit der folgenden Formel in Ca umrechnen:



Funktion in der Pflanze

Calcium ist ein wichtiger Baustein der Zellwände und ist für die Zellteilung und Zellstreckung notwendig. Ca erhöht die Festigkeit des Gewebes und damit die Standfestigkeit sowie die Widerstandskraft gegen Schaderreger. In der Pflanze kann der Nährstoff nur mit dem Transpirationsstrom (Wasserstrom) transportiert werden. Einmal eingebautes Calcium ist später nicht mehr verlagerbar.

Aus diesem Grund treten **Mangelsymptome** an jungen Pflanzenteilen bzw. an Teilen mit geringer Verdunstung (Früchte!) auf. Triebspitzen vergilben, verfärben oder verformen sich, sterben und knicken ab.

Typische Schäden an den Ernteprodukten sind Stippe beim Apfel, Blütenendfäule bei Tomaten und Innenbrand an Salat. Eine Ca-Düngergabe über den ohnehin ausreichend versorgten Boden kann hier allerdings keine Abhilfe schaffen, da es sich um einen physiologischen Calciummangel handelt. Zur Verhinderung des Innenbrandes bei Salat sollte die Stickstoffdüngung reduziert werden, damit ein zu schnelles Wachstum vermieden wird. Um das Auftreten von Stippe beim Apfel zu reduzieren, zielt der fachgerechte Winterschnitt und Sommerriss auf eine verringerte Neutriebbildung ab. Dadurch wird die Transpiration der Früchte zu Lasten der Transpiration von Trieben und Blättern gefördert und damit der Einstrom von Calcium in die Früchte begünstigt.



Bild 9: Blütenendfäule an Tomaten durch Calciummangel

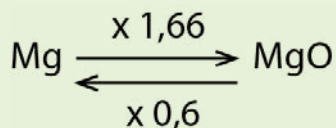
Auch bei Tomaten kann durch Entfernen der älteren Blätter und eine ausreichende Wasserversorgung die Transpiration der Früchte gefördert werden. Zusätzlich helfen bei der Vorbeugung von Ca-Mangel bei Tomaten eine maßvolle Stickstoffdüngung mit Kalksalpeter sowie das Vermeiden einer Kaliumübersversorgung.

Zu hohe Mengen an Calcium verursachen an sich keine Schäden. Nachteile ergeben sich durch die verringerte Verfügbarkeit von Phosphat und Spurenelementen. Im Extremfall kann das Calcium die Aufnahme der konkurrierenden Nährstoffe Magnesium und Kalium so weit reduzieren, dass an den Pflanzen entsprechende Mangelsymptome auftreten.

Magnesium (Mg)

Dynamik im Boden

Wie Kalium kann Magnesium im Boden aufgrund seiner positiven Ladung von den Bodenteilchen gut gehalten werden. Der Bedarf der Pflanzen sowie die Gehalte in Düngern und Böden werden in der Regel als MgO angegeben. Dies lässt sich nach folgender Formel in das reine Nährelement Mg umrechnen:



Eine Erhebungsuntersuchung von über 800 bayrischen Haus- und Kleingartenböden ergab, dass die meisten Gartenböden mit Magnesium sehr gut, häufig sogar übersorgt sind. Die hohen Mg-Mengen gelangten vermutlich durch die langjährige Ausbringung magnesiumhaltiger Kalke und Kaliumdünger sowie über Kompost in den Boden.

Funktion in der Pflanze

Für zahlreiche Stoffwechselvorgänge benötigt die Pflanze Magnesium. Das Mg-Atom ist zudem zentraler Baustein des Chlorophylls.



Bild 10: Magnesiummangel an Chrysanthemen



Bild 11: Magnesiummangel an roten (links) und weißen (rechts) Tafeltraubensorten

Ein **Mangel** ist daher vor allem an der verminderten Photosynthese zu erkennen. Diese äußert sich an älteren Blättern in einem Vergilben der Blattmitte, später auch des Blattrands. Die Hauptadern sowie das daran angrenzende Gewebe bleiben grün. In der Praxis tritt Mg-Mangel auf Böden nur sehr selten auf. Schäden durch Überschuss sind ebenfalls wenig wahrscheinlich. Nur extrem hohe Magnesiumgehalte können durch die Konkurrenz zu Kalium und Calcium bei der Aufnahme einen Mangel an diesen Nährstoffen hervorrufen.

Schwefel (S)

Dynamik im Boden

Der Großteil des Schwefels ist in der organischen Bodensubstanz gebunden. Seine Freisetzung erfolgt, analog zu Stickstoff, durch den Humusabbau. Darüber hinaus enthalten gartenbauliche Kalium- und Magnesiumdünger Schwefel in Form von Sulfat. Eine weitere Schwefelquelle war in vergangenen Jahren der „saure Regen“: Die Luft enthielt aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe entstandenes Schwefeldioxid, welches mit dem Regenwasser als Schwefelsäure in den Boden gelangte. Inzwischen wurden die Schwefelemissionen allerdings stark reduziert. Unabhängig von seiner Herkunft reagiert elementarer Schwefel mit Wasser und Sauerstoff ebenfalls zu Schwefelsäure, welche den pH-Wert des Bodens absenkt.

Funktion in der Pflanze

Schwefel wird vor allem für den Aufbau von Eiweiß benötigt. **Mangel** äußert sich in flächig vergilbten jungen Blättern, ist aber angesichts der Einträge durch K- und Mg-Dünger sowie Humus unwahrscheinlich.

Zu hohe Schwefelmengen schädigen die Pflanze nicht.



Bild 12: Eisenmangel an zwei Trieben eines Apfelbaumes

Spurennährstoffe (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl)

Die Spurennährstoffe sind sich in ihrer Dynamik in Boden und Pflanze ähnlich. Abgesehen von einigen Besonderheiten genügt es im Freizeitgartenbau, sie in ihrer Gesamtheit zu betrachten.

Dynamik im Boden

Spurennährstoffe sind im Ausgangsgestein von Mineralböden enthalten und werden kaum ausgewaschen. Die meisten Böden enthalten daher ausreichende Mengen an Spurenelementen, die aber eventuell der Pflanze nicht zur Verfügung stehen. Die Verfügbarkeit ist stark vom pH-Wert

des Bodens abhängig. Mit Ausnahme von Molybdän kann die Pflanze Spurennährstoffe umso besser aufnehmen, je niedriger der pH-Wert ist. Durch einen zu hohen pH-Wert bedingte Vergilbungen werden auch als „Kalkchlorose“ bezeichnet, es handelt sich hierbei vor allem um Eisenmangel. In diesem Fall hilft die Düngung des Bodens wenig; besser ist dagegen eine Absenkung des pH-Werts. Weitere, die Verfügbarkeit verschlechternde Faktoren sind hohe Phosphatgehalte, Kälte, Bodenverdichtungen, Trockenheit und zum Teil auch Staunässe.

Moorböden sind meist von Natur aus arm an Spurenelementen. Zudem werden einige davon (vor allem Cu) stark an organischer Substanz gebunden, sodass sie die Pflanze nicht aufnehmen kann und Mangel auftritt.

Funktion in der Pflanze

Eisen, Mangan, Kupfer und Zink fördern den Aufbau von Chlorophyll und Eiweiß sowie weitere Stoffwechselvorgänge. Bor ist wichtig für Zellteilung und Zellstreckung, also für die Entwicklung der Triebspitzen, sowie für die Blüten-, Frucht- und Samenbildung. Molybdän wird u. a. für den Nitratabbau in der Pflanze benötigt.

Allen Spurenelementen gemeinsam ist, dass sie in der Pflanze schlecht verlagerbar sind. Mangelsymptome treten daher zuerst an jungen Pflanzenteilen auf. Vergilbungen zwischen grün bleibenden Adern an jungen Blättern werden als typisches Symptom für Eisenmangel betrachtet, sind aber von einem Mangel an anderen Spurennährstoffen (vor allem Mn) nicht immer eindeutig zu unterscheiden. Bormangel hebt sich in seinem Erscheinungsbild von dem Mangel an anderen Spurenelementen ab: Zusätzlich zu den Vergilbungen sind junge Blätter verdickt und brüchig, die Triebspitze kann absterben. Blüten und Früchte werden kaum gebildet oder sind verkrüppelt. Die großen Übereinstimmungen in der Dynamik von Spurennährstoffen in Boden und Pflanze legen nahe, dass am häufigsten ein „komplexer Spurennährstoffmangel“, also ein Mangel an mehreren dieser Elemente gleichzeitig, anzutreffen ist.

Ein Überschuss an Spurennährstoffen ist mit Ausnahme von Bor im Garten nicht zu erwarten. Bor ist der Spurennährstoff mit der geringsten Spanne zwischen Mangel und Überschuss. Schon eine zu großzügig bemessene vorbeugende Düngung, vor allem in Verbindung mit einem niedrigen



Bild 13: Borüberschuss an Tomate



Bild 14: Borüberschuss an Edellieschen

INFORMATIONEN ZU NÄHRSTOFFEN

pH-Wert, kann bei empfindlichen Pflanzen zu Schäden führen. Holzasche, die häufig auf dem Kompost entsorgt wird, enthält ebenfalls nennenswerte Bormengen. Die Überversorgung ist an einem zitronengelben, anschließend vertrocknenden Rand älterer Blätter zu erkennen.

Die in Kapitel Nährstoffverhalten gezeigten Fotos sind der Ernesto-Reihe (CD-Rom zur Diagnose von Ernährungsstörungen) entnommen. Diese konnte damals über den aid-Vertrieb (jetzt: ble) (c/o IBRo Versandservice GmbH, Kastanienweg 1, 18184 Roggentin) bezogen werden

- AID (2009): Bodenpflege, Düngung, Kompostierung. Hrsg. aid Infodienst Nr. 1375/2009, Bonn (Text: Dornbusch, C.; Lindner, U.; Anneser, K.; Bucher, A.; Jauch, M.).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG (2002): Statistisches, Jahrbuch für Bayern, 2002.
- BERGMANN, W. (1983): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen, Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, 3. Auflage.
- BGBL (2007): Bekanntmachung der Neufassung der Düngeverordnung vom 27. Februar 2007. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007, Teil I, Nr.7.
- COMPO (2019): www.compo-expert.com/de-DE/produktgruppen/spezial-mineralduenger/blaukorn
- FRITZ, D.; STOLZ, W.; VENTER, F.; WEICHMANN, J. und WONNEBERGER, C. (1989): Gemüsebau (Handbuch des Erwerbsgärtners), Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- EVERS, G. (1999): Düngemittel für den Gartenbau. Hrsg.: Einheitserdewerkverband e.V., Sinntal-Jossa.
- KRUG, H.; Liebig, H.-P. und Stützel, H. (2003): Gemüseproduktion, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- LGW GARTENAKADEMIE (2007a): Hinweise zur Bodenprobenahme und Bodenuntersuchung. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Bayerische Gartenakademie, Merkblatt 1201.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2021): Nährstoffgehalte in organischen Düngern www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/96/nav/2280/article/32460.html
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN (2009): Mittlere Nährstoffgehalte organischer Dünger. www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/pdf/naehrstoffgehalte-organischer-duenger.pdf
- LUFA Augustenberg (2001): Bestimmung der Bodenart des Feinbodens mit der Fingerprobe. Auf Grundlage von Methode D 2.1 im Methodenbuch des VDLUFA, Band 1, 2. Teillieferung 1997 erstellte und ergänzte Arbeitsvorschrift der LUFA Augustenberg.
- NEUMÜLLER, M. (2009): Obst für kleine Gärten. Info-Broschüre Bayerisches Obstzentrum Hallbergmoos, 1. Auflage.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (1998): Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 1998, Sonderheft 1, Haus- und Grundbesitz sowie Wohnverhältnisse privater Haushalte.
- RÖBER, R.; SCHACHT, H. (HRSG.) (2008): Pflanzenernährung im Gartenbau. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- SCHACHTSCHABEL, P.; BLUME, H.-P.; BRÜMMER, G.; HARTGE, K.-H. und SCHWERTMANN, U. (1998): Scheffer/Schachtschabel, Lehrbuch der Bodenkunde, Enke-Verlag, Stuttgart, 14. Auflage.
- VDLUFA (1997): Schätzung des Humusgehaltes aus der Bodenfarbe, Methode D 4.2.1 Methodenbuch 1, 2. Teillieferung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- VDLUFA (2002): Ermittlung des Kalkbedarfs von Acker- und Grünlandböden auf Basis des pH-Wertes, Methode A 5.2.1 und A 5.2.2 Methodenbuch 1, 3. Teillieferung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- WENDLAND, M.; DIEPHOLDER, M.; OFFENBERGER, K.; RASCHBACHER, S. (2018): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland, LFL-Information, Gelbes Heft, 8. überarbeitete Auflage, Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Freising, (<http://www.LfL.bayern.de>).
- WONNEBERGER, C. UND KELLER, F. (2004): Gemüsebau, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.



Formular: Untersuchung von Bodenproben

Hier kommen Sie zu einem digitalen Formular!

www.lwg.bayern.de/gartenakademie/gartendokumente/infoschriften/081370

Beispiel für einen Untersuchungsauftrag zur Bodenanalyse (LWG, Gartenakademie, 2007 a)

Untersuchung für Bodenproben

Die Probe stammt aus dem Gartenteil:

- ☐ Gemüsegarten
- ☐ Baum- und Strauchobst
- ☐ Ziergarten
- ☐ Kleingewächsbau, Frühbeet
- ☐ Rasen

Auf der Probefläche wurde innerhalb des letzten Jahres Kompost verwendet:

- ☐ ja
- ☐ nein

Bitte ausfüllen! Gewünschte Untersuchungen ☐ Standard (P, K, pH-Wert) ☐ Magnesium ☐ Humus ☐ Sonstiges _____ ☐ Sonstiges _____ ☐ Gewünschte Düngeempfehlung (Gartenpass)	Nicht ausfüllen! Untersuchungsergebnisse pH-Wert _____ P _____ K _____ Mg _____ Humus _____ Sonstiges: _____
---	--

Ergebnisse und Rechnung an folgende Adresse gewünscht!

Name, Vorname

Straße, Hausnummer

PLZ, Wohnort

Datum, Unterschrift

IMPRESSUM

Herausgeber:

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)
An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim
www.lwg.bayern.de, poststelle@lwg.bayern.de

Veitshöchheimer Bericht 189, 2021
ISSN: 0944-8500

Redaktion & Gestaltung:

Bayerische Gartenakademie, An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim
Hubert Siegler, Marianne Scheu-Helgert, Christine Scherer
Telefon: 0931 9801-147, Fax: 0931 9801-139
bay.gartenakademie@lwg.bayern.de

Bildnachweis: Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (Abb. 2, 3 und Bild Nummer 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 14); restliche LWG
Druck: Schleunungdruck, 97828 Marktheidenfeld; 3. überarbeitete Auflage, 2021
Gedruckt auf Papier aus nachhaltiger, zertifizierter Waldbewirtschaftung.

Bearbeitung:

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Institut für Gartenbau
(ehemals Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau Weihenstephan (FGW))
Am Staudengarten 14, 85354 Freising
igb@hswt.de, www.hswt.de/forschung/forschungseinrichtungen/igb.html

Projektleitung: Prof. Dr. Elke Meinken
Text: Dr. Annette Bucher
Mitarbeit: Dipl.-Ing (FH) Katharina Anneser
Dipl.-Ing. (FH) Martin Jauch
Dipl.-Ing. (FH) Hermann Konnemann
Dr. Dieter Lohr

Zusammenarbeit mit:

Bayerischer Landesverband für Gartenbau und Landespflege e. V.
Herzog-Heinrich-Straße 21, 80336 München

TU München, Bioanalytik Weihenstephan am
Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung
Alte Akademie 10, 85354 Freising

Verband der Kreisfachberater
für Gartenkultur und Landespflege in Bayern e. V.
Pütrichstraße 8, 82362 Weilheim

Landesverband Bayerischer Kleingärtner e.V. (LBK)
Steiermarkstraße 41, 81241 München

© LWG Veitshöchheim, Nachdruck und Vervielfältigung,
auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.