

Berichte der  
**Bayerischen Gartenakademie**

**Leitfaden für die Düngung im Garten  
– In fünf Schritten  
zur erfolgreichen Düngung**

**2**



In Zusammenarbeit mit:

Staatliche Forschungsanstalt  
für Gartenbau Weihenstephan  
an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

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

[www.lwg.bayern.de](http://www.lwg.bayern.de)

STAATLICHE FORSCHUNGSANSTALT  
FÜR GARTENBAU WEIHENSTEPHAN  
AN DER HOCHSCHULE WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF



**Impressum**

**Herausgeber:**

Bayerische Gartenakademie an der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)  
An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim  
Poststelle@lwg.bayern.de,  
www.lwg.bayern.de/gartenakademie/

**Bearbeitung:**

Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau Weihenstephan (FGW),  
Institut für Gartenbau,  
Am Staudengarten 14, 85354 Freising  
igb@hswt.de, www.hswt.de/fgw

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,  
Dipl.-Ing. (FH) Dieter Lohr

**In Zusammenarbeit mit:**

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

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

Verband der Kreisfachberater für Gartenkultur und Landespflege in Bayern,  
Nürnberger Straße 1, 92318 Neumarkt i. d. Opf.

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

**Bildnachweis:**

Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau Weihenstephan  
und Bayerische Gartenakademie

**Förderung:**

Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

**Gestaltung:**

Design by Schinagl, 97209 Veitshöchheim

1. Auflage 2011

<b>Vorwort</b>	5		
<b>Einführung</b>	6	Nährstoffbedarf von Obstgehölzen	37
		Nährstoffbedarf von Mischkulturen	37
<b>Erster Schritt: Bodenproben untersuchen</b>		Kalkbedarf	40
Entnahme von Bodenproben	10	<b>Vierter Schritt: Düngewirkung von Bodenverbesserungsmaßnahmen berücksichtigen</b>	
Was wird analysiert?	12	Kompost	41
Laboruntersuchungen	12	Mist	43
Eigene Untersuchungen	14	Gründüngung und Vegetations- rückstände	45
Durchführung eines Nitratschnelltests	14	<b>Fünfter Schritt: Geeignete Dünger wählen und Menge berechnen</b>	
Einschätzung der Bodenart mit der Fingerprobe	16	Welche Dünger gibt es?	46
<b>Zweiter Schritt: Ergebnisse der Bodenuntersuchung bewerten</b>		Nährstoffgehalte einiger Dünger	49
Phosphatgehalt im Boden	18	Welcher Handelsdünger ist der richtige?	51
Kaliumgehalt im Boden	20	Berechnung der erforderlichen Düngermenge	53
Magnesiumgehalt im Boden	22	Zeitpunkt der Düngung	56
pH-Wert und Kalk	23	<b>Informationen zu Nährstoffen im Boden und in der Pflanze</b>	
Organische Substanz - Humus	24	Stickstoff (N)	58
Mineralstickstoffgehalt im Boden	26	Phosphor (P)	61
<b>Dritter Schritt: Nährstoffbedarf ermitteln</b>		Kalium (K)	63
Wie viel Nährstoffe brauchen die Pflanzen wirklich?	27	Calcium (Ca)	65
Phosphat-, Kalium-, Magnesiumbedarf	28	Magnesium (Mg)	67
Stickstoffbedarf	28	Schwefel (S)	68
Nährstoffbedarf von Gartenpflanzen	30	Spurennährstoffe (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl)	69
Nährstoffbedarf von Gemüse und Kräutern	30	<b>Anhang</b>	
Nährstoffbedarf von Sommerblumen und Stauden	34	Ringwarte in Bayern	72
Nährstoffbedarf von Rasen	35	Beispiele geeigneter Bodenlabore	76
Nährstoffbedarf von Ziergehölzen: Rosen, Ziersträucher, Laub- und Nadelbäume	36	Untersuchungsauftrag für Bodenproben	77
		Literatur	79

## Abkürzungen und Symbole

<b>B</b>	Bor
<b>Ca</b>	Calcium
<b>Cl</b>	Chlorid
<b>Cu</b>	Kupfer
<b>DiG</b>	Düngung im Garten (EDV-Programm)
<b>Fe</b>	Eisen
<b>K</b>	Kalium
<b>K<sub>2</sub>O</b>	Kaliumoxid, im Sprachgebrauch als Kali bezeichnet
<b>KW</b>	Kalenderwoche
<b>Mg</b>	Magnesium
<b>Mn</b>	Mangan
<b>Mo</b>	Molybdän
<b>N</b>	Stickstoff
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Ammonium
<b>N<sub>min</sub></b>	Mineralstickstoff (NO <sub>3</sub> -N + NH <sub>4</sub> -N)
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Nitrat
<b>OBS</b>	organische Bodensubstanz = Humus
<b>P</b>	Phosphor
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	Phosphorpentoxid, im Sprachgebrauch als Phosphat bezeichnet
<b>S</b>	Schwefel
<b>VDLUFA</b>	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
<b>Zn</b>	Zink



Helmut Brunner



Georg Huber

## Leitfaden für die Düngung im Garten – In fünf Schritten zur erfolgreichen Düngung

Der Freizeitgartenbau spielt in Bayern seit über 100 Jahren eine bedeutende Rolle. Mehr als zwei Millionen Familiengärten mit etwa 137 000 Hektar sind Lernort für Naturkreislauf und für 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 bei der Düngung im Garten längst ausgedient, aber aktuell herrscht gerade bei der jungen Generation viel Unsicherheit vor; manchmal wird sogar "überhaupt nicht gedüngt". Dabei würde eine maßvolle Düngung zu Erfolgserlebnissen verhelfen und damit die Freude am Garten erhöhen.

Die richtige Düngung im Garten ist eine durchaus anspruchsvolle Aufgabe. Es besteht daher, ebenso wie im Erwerbsanbau, ein großer Beratungsbedarf. Hier leisten die Vereine der Freizeitgartenverbände eine wichtige Arbeit. Auch die nicht in Vereinen organisierten Freizeitgärtner sollen über geeignete Medien mit objektiven und gleichzeitig gut verständlichen Hinweisen erreicht werden. Ansonsten wären sie ausschließlich auf die Beratung der Düngemittelanbieter angewiesen.

Der vorliegende Leitfaden führt den Freizeitgärtner Schritt für Schritt und in leicht nachvollziehbarer Form durch das nun überschaubare Gebiet der Pflanzenernährung. Er ergänzt die vielfach nachgefragte Schrift „Zum umweltgerechten Pflanzenschutz“.

Die vorliegende Schrift baut auf der von den Verbänden des Freizeitgartenbaues angeregten Forschungsarbeit "Fachgerechte Düngung im Garten unter Berücksichtigung der Stickstoffgehalte im Boden" auf. Sie wurde von der Staatlichen Forschungsanstalt für Gartenbau Weihenstephan (FGW) in Zusammenarbeit mit den Kreisfachberatern für Gartenkultur und Landespflege sowie den Vereinen für Gartenkultur und Landespflege durchgeführt. Dies ist eine beispielhafte Zusammenarbeit von staatlichen Stellen, Kommunen und Ehrenamt. Dieser zweite Bericht der Bayerischen Gartenakademie bildet somit eine weitere wichtige Grundlage für die wissenschaftlich abgesicherte Beratungsarbeit im bayerischen Freizeitgartenbau.

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

Helmut Brunner  
Staatsminister

Bayerisches  
Staatsministerium  
für Ernährung,  
Landwirtschaft und Forsten

Georg Huber  
Präsident

Bayerischer  
Landesverband für  
Gartenbau und  
Landespflege e.V.

## Einführung

Für die Düngung im Erwerbsgartenbau sind die Regeln der guten fachlichen Praxis im Rahmen der Düngeverordnung gesetzlich vorgeschrieben (BGBI, 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 bedarfsgerechte 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 zudem einen bedeutsamen Beitrag zum Natur- und Umweltschutz leisten. Denn obwohl die einzelnen Haus- und Kleingärten relativ klein sind, summieren sich ihre Flächen in Bayern 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



Abb. 1: Fruchtbarer Boden ist die Voraussetzung blühender Kulturlandschaften.

kostengünstig bestimmen. Ergänzend sollte auch der Humusgehalt im Boden untersucht werden, da dies Rückschlüsse auf das Potential an pflanzenverfügbarem Stickstoff zulässt. Mit einem  $N_{\min}$ -Schnelltest kann in Eigenregie zusätzlich der aktuelle Mineralstickstoffgehalt des Bodens ermittelt werden.

Der Handel bietet dem Freizeitgärtner 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 bzw. 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?

Mit dem vorliegenden Leitfaden soll ein gut verständliches, fachlich fundiertes Nachschlagewerk für die Düngung im Garten zur Verfügung gestellt werden. Ziel ist es, den Freizeitgärtner Schritt für Schritt bei einer erfolgreichen Düngung zu begleiten. Parallel zum Leitfaden wurde ein EDV-Programm (Düngung im Garten - DiG) entwickelt, das die Düngeplanung sowie die Düngerauswahl und -mengenberechnung im Hausgarten erheblich erleichtert. Das Programm steht unter <http://www.hswt.de/fgw.html> zum kostenfreien Download bereit.

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 Staatlichen Forschungsanstalt für Gartenbau Weihenstephan (FGW) zusammen.

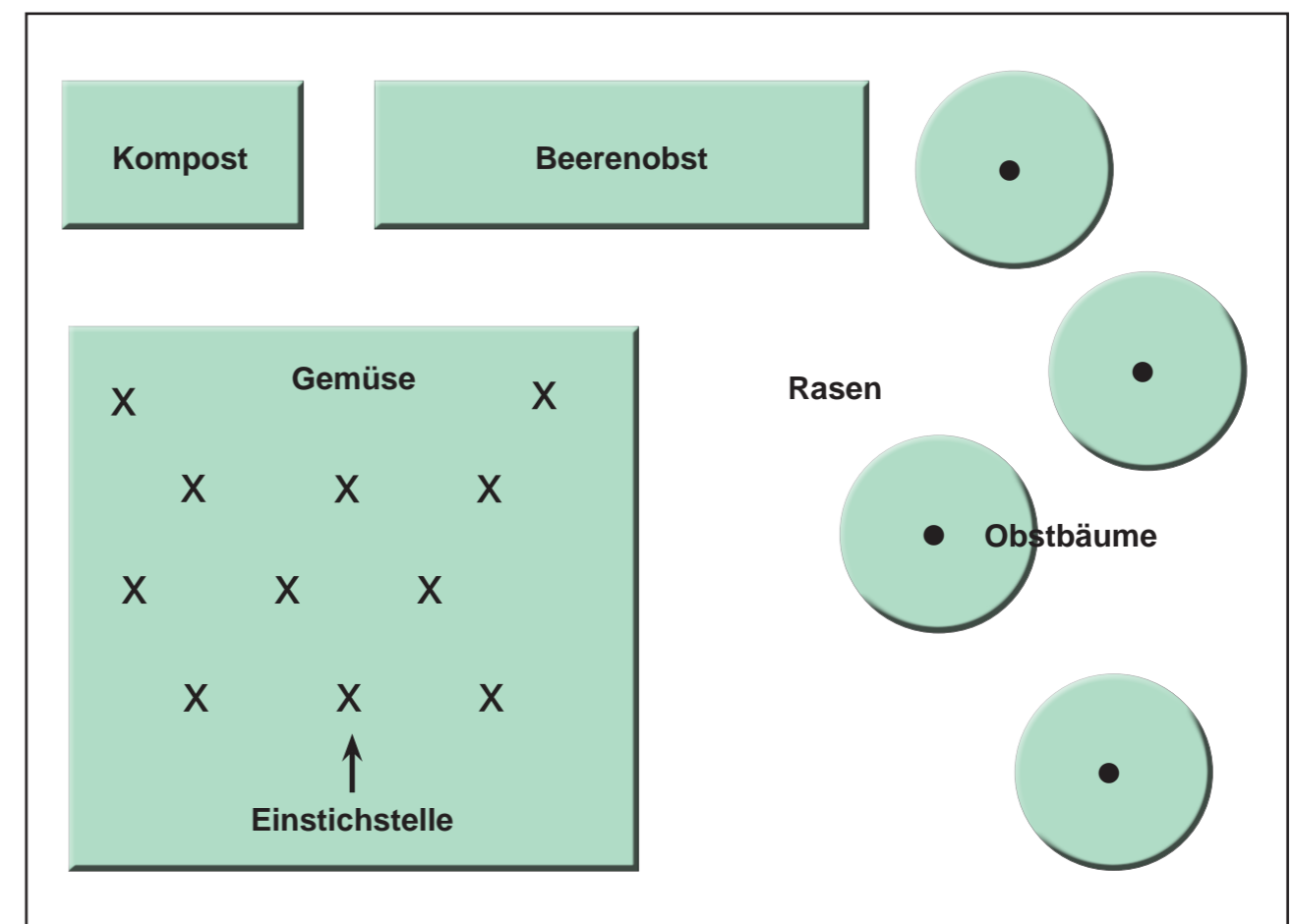
Sowohl Leitfaden als auch EDV-Programm sollen für den Freizeitgärtner ein verlässlicher Begleiter auf dem wohlgedachten Weg zur erfolgreichen Düngung sein. Der unüberlegte Weg durch einen automatischen Griff zur Düngerverpackung ist sicher kürzer und bequemer. Dieser vermeintliche Königsweg verfehlt aber garantiert das Ziel einer erfolgreichen Düngung.

**Daher nun in fünf Schritten zur erfolgreichen Düngung.**

## Erster Schritt: Bodenproben untersuchen

Für eine dem Bedarf der Pflanzen angepasste Düngung ist es unerlässlich, den Nährstoffvorrat und andere wichtige Eigenschaften des Bodens zu kennen. Regelmäßig im Abstand von fünf Jahren sowie bei einer Neuanlage des

Abb. 2: Einstichstellen für eine Bodenprobe auf einem Gemüsebeet



Gartens sollten darum Phosphat-, Kalium- und Humusgehalte sowie der pH-Wert von einem Bodenlabor untersucht werden. Darüber hinaus ist es zweckmäßig, den pflanzenverfügbaren Stickstoff ( $N_{min}$ ) im Boden mit Hilfe eines Schnelltestes vor der Pflanzung bzw. bei Dauerkulturen zu Vegetationsbeginn im Frühjahr 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.

### Zeitpunkt:

Der Zeitpunkt der Probenahme hat, mit Ausnahme der Bestimmung von Mineralstickstoff, im Prinzip keinen Einfluss auf die Ergebnisse, sollte aber vor einer Düngung und Bodenbearbeitung liegen. Sinnvoll ist daher für die Bestimmung von Phosphat-, Kalium- und Humusgehalten die Beprobung im Spätherbst, wenn die Beete abgeräumt sind oder im zeitigen Frühjahr vor dem Beginn der ersten Kultur.

### Entnahme:

Je nach Größe der einheitlich bewirtschafteten Fläche soll die Entnahme an 10 bis 15 gleichmäßig verteilten Einstichstellen erfolgen. Beetränder und Wege sind von der Beprobung auszunehmen (Abb. 2, Seite 9). In der Regel wird 20 - 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 (Abb. 3). Im ersten Schritt wird ein Loch ausgehoben, dann eine etwa 2 - 5 cm dicke Erdscheibe senkrecht abgestochen, davon ein wenige Zentimeter breiter Mittelstreifen für die Probe abgetrennt und der Rest verworfen.

Abb. 3: Fachgerechte Entnahme von Bodenproben mit dem Spaten

Schritt 1



Schritt 2



Schritt 3



Schritt 4



Schritt 5



### Homogenisierung:

Die Erde aus den einzelnen Einstichstellen wird in einem Eimer gesammelt und gut 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 Plastik- oder Papierbeutel und beschriften Sie diesen mit Datum, Ihrem Namen und Ihrer Adresse sowie der Nutzungsart der Fläche. Zusätzlich sollten Sie den Untersuchungsauftrag für das Labor beilegen (Beispiel siehe Anhang).

In Tab. 1 ist eine Auswahl geeigneter Bodenuntersuchungslabore in Bayern, an die die Proben zur Untersuchung geschickt werden können, sowie deren Preise aufgelistet.

## Was wird analysiert?

### Laboruntersuchungen

Die Standard-Bodenuntersuchung umfasst die Gehalte an Phosphat und Kalium sowie den pH-Wert. Der Magnesiumgehalt des Bodens kann zusätzlich bestimmt werden. Da diese Werte 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 die Stickstoffversorgung des Bodens und wird für das an der Staatlichen Forschungsanstalt für Gartenbau Weihenstephan entwickelte EDV-Programm ‚Düngung im Garten‘ benötigt. Auch dieser Wert braucht nur alle fünf Jahre gemessen zu werden.

Die Untersuchung von Mineralstickstoff ist dagegen grundsätzlich vor jeder Pflanzung bzw. Saat sowie bei Dauerkulturen zu Vegetationsbeginn im Frühjahr anzuraten. Dafür ist im Freizeitgartenbau die Verwendung eines Nitratschnelltestes (siehe Seite 14/15) ausreichend, eine teurere Laboranalyse ist nicht erforderlich.

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

Tab. 1: Beispiele geeigneter Bodenuntersuchungslabore in Bayern und deren Preise (nach LWG, Gartenakademie, 2007)

Name und Kontaktdaten	Preis inkl. MwSt. in €	
	Standarduntersuchung (P, K, pH)	Humusgehalt
Agrolab Labor GmbH Dr.-Pauling-Str. 3 84079 Bruckberg Tel.: 08765 9399644, www.agrolab.de	12,26	13,15
CbL Dr. Eugen Lehle Bahnhofstr. 37 89150 Laichingen-Machtolsheim Tel.: 07333 947212, www.bodenlabor.de	19,50 inkl. Mg	
Chemisch-Biologisches Laboratorium Ziegelhütte 3 91522 Ansbach Tel.: 0981 97257720, www.rietzleranalytik.de	8,33	9,52
Hettinger-Hielscher, Elke Burgfarnbacher Str. 98 90513 Zirndorf Tel. 0911 6002207	8,85	9,25
Ingenieurbüro f. Materialreports und Umweltanalytik IfMU GmbH Bgm.-Finsterwalder Ring 10 82515 Wolfratshausen Tel. 08171 380100, www.gartenpass.de	16,50 27,00 inkl. Mg und Humus	
Institut Dr. Nuss Schönbornstrasse 34 97688 Bad Kissingen Tel. 0971 7856-0	8,09	8,09
Wein- und Bodenlabor Dr. K.-H. Nilles Josef-Wächter-Str. 13 97332 Volkach Tel. 09381 3031	7,74 23,68 inkl. Mg und Humus	10,59

Eigene Untersuchungen

Durchführung eines Nitratschnelltests

Mit einem Nitratschnelltest wird der aktuell pflanzenverfügbare Nitrat-Stickstoff bestimmt. Er ist in der Regel dem  $N_{min}$ -Vorrat oder  $N_{min}$ -Gehalt gleichzusetzen, da Ammonium-Stickstoff als zweite Komponente des  $N_{min}$  meist nur in vernachlässigbaren Mengen im Boden vorliegt. Von den am Markt angebotenen Nitratschnelltesten sind diejenigen, die mit Hilfe 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 entnommene 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 ( $< 5^{\circ}C$ ) aufbewahrt werden.

Die Bodenprobe wird als erstes durch ein Sieb mit etwa 5 mm Maschenweite gerieben, Steine und andere Bestandteile, die auf dem Sieb verbleiben werden wieder eingemischt. 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 durch Schütteln in einer verschließbaren Kunststoff-Flasche vermischt - solange bis keine Klumpen mehr vorhanden sind (gegebenenfalls Mixer verwenden). Danach muss das Gemisch filtriert werden. An Stelle spezieller Filterpapiere lässt sich auch problemlos ein Kaffee- oder Teefilter verwenden (Abb. 4).

\* bei schweren, tonhaltigen Böden mindestens 5 Minuten schütteln, bei leichteren, sandigen Böden reichen i.d.R. 3 Minuten aus

Abb. 4: Fachgerechte Durchführung des Nitrat-Schnelltests

1 Probe reiben



2 100 g Boden abwägen



3 100 ml destilliertes Wasser zugeben



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



5 Eintauchen eines Filterpapiers in die Lösung, abwarten bis Filtrat ansteht



6 Eintauchen des Nitrat - Messstreifens



7 Auswerten des Teststreifens mit dem Reflektometer oder Vergleich mit der Skala



8 Umrechnen des Messwertes für die Düngeberechnung

Messwert durch „10“ teilen  
= g N/qm

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  $NO_3^-/l$ ) 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 mg  $NO_3^-/l : 10 = 12 \text{ g N/m}^2$ ). Der so errechnete Wert bezieht sich auf eine Bodenschicht von 30 cm.



### Einschätzung der Bodenart mit der Fingerprobe

Die Bodenart beruht auf der Korngrößenzusammensetzung der mineralischen Bodensubstanz. Eine genaue Analyse lässt sich nur im Labor durchführen. Mit der Fingerprobe hat der Gartenbesitzer aber die Möglichkeit, selbst eine Einschätzung vorzunehmen.

Tab. 2: Hauptbodenarten (nach aid, 2009)

Bezeichnung	Abkürzung	Korngröße [Ø]	Eigenschaften bei Fingerprobe
Sand	S	2,0 - 0,063 mm (Sand)	nicht formbar, „schmutzt“ nicht, sicht- und fühlbar körnig
Schluff	U	0,063 - 0,002 mm (Schluff)	mäßig formbar, kaum bindig, von samtig-mehligter Beschaffenheit, bleibt in Hautrillen haften, „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

Liegt in einem Boden ein Gemisch aus überwiegend zwei Korngrößenfraktionen vor, unterscheidet man aufgrund der dominierenden Fraktion (Tab. 2) die mit Großbuchstaben gekennzeichneten Hauptbodenarten Sand (S), Schluff (U) und Ton (T). Zur weiteren Differenzierung wird die jeweils untergeordnete Korngrößenfraktion 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 Korngrößenfraktionen 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 körnig 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.

Bei der **Fingerprobe** wird folgendermaßen vorgegangen (nach einer Arbeitsvorschrift der LUFA Augustenberg, 2001):

Die Fingerprobe wird am feuchten - nicht nassen - Feinboden vorgenommen.

(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 Fingerprobe abgeschlossen. Ansonsten fahren Sie mit dem nächsten Schritt fort.



Abb. 5: Fingerprobe im Feld

(B) Rollen Sie die walnussgroße Kugel zu einer dünnen Walze von halber Bleistiftstärke aus. Ist die Kugel nicht ausrollbar bzw. die Walze zerbröselt, 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. Fühlt 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 Lehm. 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.

## Zweiter Schritt: Ergebnisse der Bodenuntersuchung bewerten

Liegt das Ergebnis der Bodenuntersuchung vor, müssen die Werte interpretiert werden, um anschließend die richtigen Düngemaßnahmen treffen zu können. Meist stehen die wichtigsten Informationen bereits auf dem Ergebnisblatt aus dem Bodenlabor. 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 (Tab. 3). Liegen die Werte unter 5 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g bzw. zwischen 5 und 9 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/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<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>2</sup> (Tab. 11). Auf Böden mit den aufgezeigten geringen Phosphatgehalten sollten demnach 16 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>2</sup> gedüngt werden. Diese Vorgehensweise ist bis zur nächsten Bodenuntersuchung, die alle 5 Jahre durchzuführen ist, beizubehalten.

Tab. 3: Einteilung der Phosphatgehalte im Boden (Wendland et al., 2007) und darauf abgestimmte Düngung (vereinfachte Darstellung)

Gehalte in mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /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.
5-9	B (niedrig)	
10-20	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.
21-30	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)	

Im Boden werden Phosphatgehalte zwischen 10 und 20 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g Boden angestrebt. Dieser Vorrat (Gehaltsklasse C) gilt als ausreichend bzw. optimal, weshalb er in etwa auf diesem Niveau gehalten werden sollte. 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<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>2</sup>. 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.

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<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/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 auf hoch mit Phosphat versorgten Flächen dennoch möglich (siehe S. 42).

**Hinweis:**

Die Phosphatgehalte werden in mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 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<sup>2</sup>, errechnet sich z.B. aus 30 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g Boden ein Phosphat-Vorrat von 90 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>2</sup> bzw. 900 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/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 von Böden 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 (Tab. 4). Da Kalium auf schweren (tonigen, lehmigen) Böden nicht so gut pflanzenverfügbar ist wie auf leichten (sandigen) Böden, liegen innerhalb einer

Tab. 4: Einteilung der Kaliumgehalte im Boden (Wendland et al., 2007) und darauf abgestimmte Düngung (vereinfachte Darstellung)

Gehalte in mg K <sub>2</sub> O/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.
4-7	5-9	7-14	B (niedrig)	
8-15	10-20	15-25	C (ausreichend/optimal)	Der Kaliumgehalt im Boden ist optimal und sollte auf diesem Niveau gehalten werden. Die Kaliumdüngung sollte daher genau so hoch wie der Kaliumbedarf der Pflanzen sein. Bei verbleibenden Vegetationsrückständen auf der Fläche ist eine Reduzierung der Kaliumdüngung zweckmäßig.
16-25	21-30	26-35	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)	

Gehaltsklasse die Gehalte schwerer Böden höher. Oder anders ausgedrückt: gleiche Kaliumwerte sind in Abhängigkeit von 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 K<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup> (Tab. 11) gedüngt werden. Bei einem leichten Boden werden Kaliumgehalte von 20 mg/100g hingegen 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, so dass 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 (Tab. 5).

Magnesiummangel (Gehaltsklasse A und B) kommt infolge 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 S. 31 ff). Bei einem Boden in Gehaltsklasse C ist soviel Magnesium zu düngen, wie die Pflanzen aufnehmen. Wenn hoch mit Magnesium versorgte Böden vorliegen (Gehaltsklasse D und E), sollte eine Magnesiumdüngung unterbleiben.

Tab. 5: Einteilung der Magnesiumgehalte im Boden (Wendland et al., 2007) und darauf abgestimmte Düngung (vereinfachte Darstellung)

Gehalte in mg Mg/100 g Boden (CaCl <sub>2</sub> -Methode)		Gehaltsklasse (Bewertung der Gehalte)	Hinweise zur Düngung für die folgenden 5 Jahre (bis zur nächsten Bodenuntersuchung)
leichte Böden	mittlere / schwere Böden		
< 3	< 5	A (sehr niedrig)	Der geringe Magnesiumgehalt im Boden muss durch erhöhte Kaliumgaben angehoben werden. Die Mg-Düngung sollte daher doppelt so hoch wie der Mg-Bedarf der Pflanzen sein.
3 - 6	5 - 9	B (niedrig)	
7 - 10	10 - 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 - 48	21 - 49	D (hoch)	Der Magnesiumgehalt im Boden ist hoch bzw. sehr hoch und muss verringert werden. Es sollte keine Magnesiumdüngung durchgeführt werden, da der Mg-Vorrat für die Ernährung der Pflanzen ausreicht.
> 49	> 49	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.

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

Tab. 6: Anzustrebender pH-Bereich für Böden (nach VDLUFA, 2002)

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

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 - 4,0 % (Schachtschabel et al., 1998) und somit im schwach bis mäßig humosen Bereich (Tab. 7). Moorböden weisen Gehalte von 30 % und mehr auf, bei solchen Böden spricht man von organischen Böden.

Trotz ihres meist mineralischen Ursprungs enthalten 97 % der untersuchten Gartenböden in Bayern deutlich mehr als 4 % Humus. Die

Tab. 7: Klassifizierung der Humusgehalte im Mineralboden (VDLUFA, 1997)

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

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 3-4 % Humus aus. Höhere Gehalte haben aber keine negativen Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum. Bei der Düngung ist zu berücksichtigen, dass durch den Abbau von organischer Substanz erhebliche Mengen Stickstoff freigesetzt (= nachgeliefert) werden (Tab. 8). In vielen Fällen reicht die Stickstoffnachlieferung des Bodens bereits aus, um den Stickstoffbedarf der Kulturen zu decken; zusätzliche Stickstoffdüngung ist dann überflüssig. Bei Böden mit Gehalten

an organischer Substanz unter 4 % kann davon ausgegangen werden, dass eine  $N_{min}$ -Nachlieferung von etwa 5 g/m<sup>2</sup> von März bis Oktober stattfindet.

Tab. 8: Mindestens zu erwartende  $N_{min}$ -Nachlieferung während einer Vegetationsperiode (März-Oktober)

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

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 Tab. 9 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.

Tab. 9: Mindestens zu erwartende mittlere  $N_{min}$ -Nachlieferung pro Woche

	mindestens zu erwartende mittlere $N_{min}$ -Nachlieferung pro Woche [g/m <sup>2</sup> ]		
	4-8 % OBS*	8-12 % 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

\* organische Bodensubstanz

### 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 (Tab. 10).

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, so dass die Gefahr einer Auswaschung in das Grundwasser besteht.

Tab. 10:  $N_{min}$ -Gehalte im Boden zu Kulturbeginn und darauf abgestimmte Düngung (vereinfachte Darstellung)

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

### Dritter Schritt: Nährstoffbedarf ermitteln

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 31 ff entnehmen. Darüber hinaus sind diese Bedarfswerte Grundlage der Düngungsberechnung 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 Düngbedarf für die 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 S. 19 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 S. 31 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 Düngungshöhe 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 Boden durch Differenzbildung ermittelt.

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 S. 24/25).

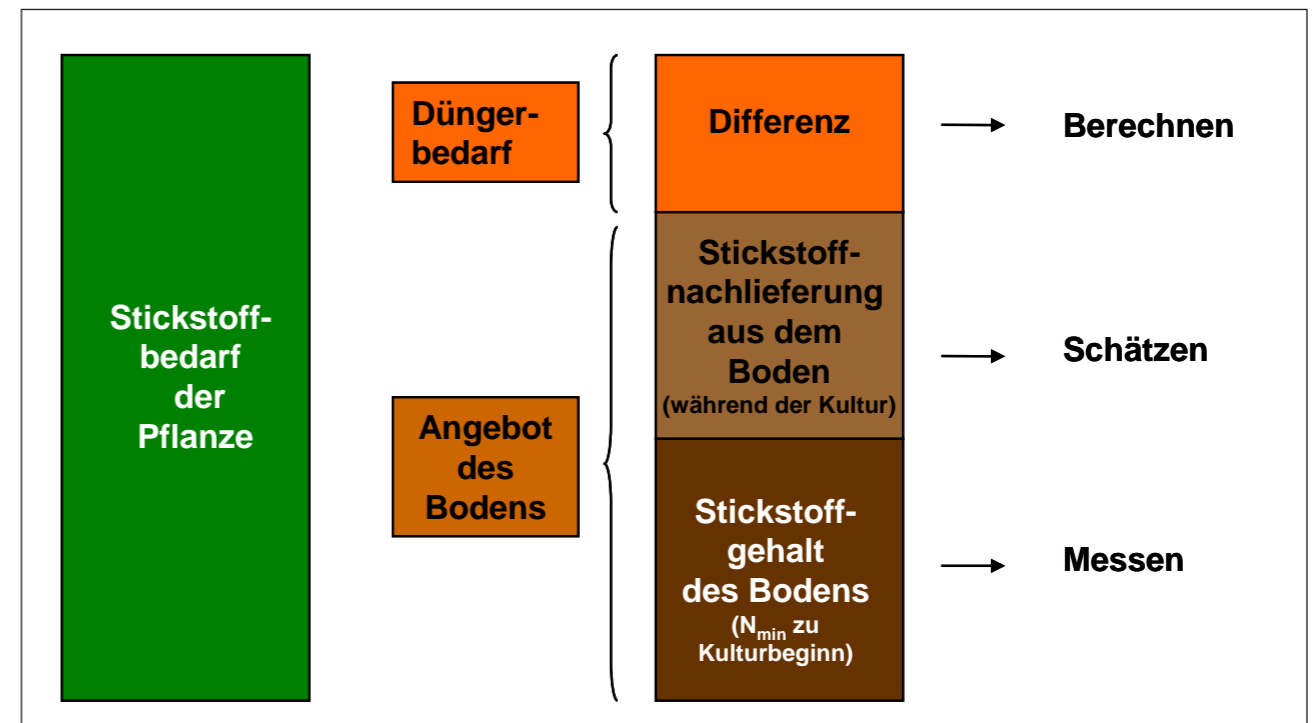


Abb. 6 zeigt die Ermittlung der Stickstoffdüngungshöhe mittels der Stickstoffbilanz.

Beträgt z.B. der Stickstoffbedarf der Kultur 15 g/m<sup>2</sup> (siehe S. 31 ff), der  $N_{min}$ -Gehalt des Bodens 5 g/m<sup>2</sup> und die geschätzte Nachlieferung (bei 4-8 % Humus und einer Kulturdauer von Anfang Mai bis Mitte August) 7 g/m<sup>2</sup>, bleibt eine Differenz von 3 g/m<sup>2</sup>, die durch die Düngung zu decken ist.

## Nährstoffbedarf von Gartenpflanzen

### 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 Tab. 11 eine Übersicht über den Stickstoffbedarf der wichtigsten Gemüsekulturen. Da die Berechnung der Phosphat-, Kalium- und Magnesiumdüngung auch auf Bedarfszahlen basiert, sind diese ebenfalls in Tab. 11 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.

Tab. 11: Stickstoff-, Phosphat-, Kalium- und Magnesiumbedarf von Gemüse pro Kultur und Kräutern (berechnet nach Röber und Schacht, 2008; Krug et al., 2003; Fritz et al., 1989) siehe Fortsetzung nächste Seite

Kultur	N-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	K <sub>2</sub> O-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	MgO-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )
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
Chicoree	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



Nährstoffbedarf ermitteln

Fortsetzung Tab. 11: Stickstoff-, Phosphat-, Kalium- und Magnesiumbedarf von Gemüse pro Kultur und Kräutern (berechnet nach Röber und Schacht, 2008; Krug et al., 2003; Fritz et al., 1989)

Kultur	N-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	K <sub>2</sub> O -Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	MgO-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )
Kopfsalat	15	6	30	3
Kräuter (pro Jahr)	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

Nährstoffbedarf ermitteln

Fortsetzung Tab. 11: Stickstoff-, Phosphat-, Kalium- und Magnesiumbedarf von Gemüse pro Kultur und Kräutern (berechnet nach Röber und Schacht, 2008; Krug et al., 2003; Fritz et al., 1989)

Kultur	N-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	K <sub>2</sub> O -Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	MgO-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )
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

### 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

Tab. 12: Stickstoff-, Phosphat-, Kalium- und Magnesiumbedarf von Sommerblumen und Stauden pro Jahr (berechnet nach Röber und Schacht, 2008)

Kultur (überwiegend)	N-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	K <sub>2</sub> O-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	MgO-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )
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

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 mineralische 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 Bedarf 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 flachwurzelnde Schattenstauden sind oft 2 - 3 g Stickstoff/m<sup>2</sup> 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 Nutzrasen benötigt während der Wachstumsphase kontinuierlich Stickstoff, da der Fläche durch das Mähen ständig Nährstoffe entzogen werden. Der N-Bedarf für eine Vegetationsperiode beträgt bei häufig gemähtem Rasen etwa 15 - 20 g/m<sup>2</sup>. Während der

Tab. 13: Stickstoff-, Phosphat-, Kalium- und Magnesiumbedarf von Rasen pro Jahr (berechnet nach Röber und Schacht, 2008)

Kultur	N-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	K <sub>2</sub> O-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	MgO-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )
Blumenwiese (extensiv)	2	1	1	1
Gebrauchsrasen	8	2	5	1
Strapazierrasen	18	5	11	3
Zierrasen	25	8	16	3

Wachstumsperiode sollte eine Einzelgabe 4 - 5 g Stickstoff/m<sup>2</sup> nicht überschreiten, da durch eine Überversorgung mit Stickstoff die Belastbarkeit der Gräser gemindert wird. Im Spätherbst (Mitte Oktober - 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, so dass 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 Nitratauswaschung im Frühjahr vermindert.

Tab. 14: Stickstoff-, Phosphat-, Kalium- und Magnesiumbedarf von Rosen, Ziersträuchern, Laub- und Nadelbäumen (berechnet nach Röber und Schacht, 2008)

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

Um die Stickstoffaufnahme und somit den Stickstoffbedarf von Ziergehölzen genauer abschätzen zu können, kann im Erwerbsanbau eine Messung des Frischmasseeertrages als Berechnungsgrundlage herangezogen werden. Da dies im Freizeitgartenbau zu aufwendig ist, werden hier nur pauschale Werte für den Stickstoffbedarf von Ziergehölzen angegeben (Tab. 14).

Generell erhöht eine Abdeckung des Bodens mit **Rindenmulch** den Stickstoffbedarf um 4 - 8 g/m<sup>2</sup>, 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 (Tab. 14) und an der bei diesen Nährstoffen im Boden vorliegenden Gehaltsklasse orientieren.

**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 (Tab. 15) 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. 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 (siehe Tab. 15 nächste Seite) die im Boden vorliegende Gehaltsklasse heranzuziehen.

**Nährstoffbedarf von Mischkulturen**

Die Mischkultur beschreibt ein zeitliches und räumliches Nebeneinander von verschiedenen Pflanzenarten (Nutz- und Zierpflanzen) mit unterschiedlichen Ansprüchen hinsichtlich Kulturzeit, Nährstoff-, Wasser- und Platzbedarf. Mit Blick auf die abwechslungsreiche Vegetation natürlicher Lebensräume wird damit versucht, auf Gemüsebeeten ebenfalls eine möglichst vielfältige, „ausgewogene“ Pflanzengesellschaft zu gründen und somit die Natur zu imitieren.

Tab. 15: Stickstoff-, Phosphat-, Kalium- und Magnesiumbedarf von Obstkulturen pro Jahr (berechnet nach Röber und Schacht, 2008)

Kultur	N-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	K <sub>2</sub> O-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )	MgO-Bedarf (g/m <sup>2</sup> )
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

In der Natur kommen allerdings nicht alle Pflanzenarten an allen Standorten und in beliebiger Kombination vor. Je nach ökologischen Ansprüchen (v.a. Klima und Boden) und Konkurrenzstärke bilden sich im Verlauf der Sukzession Pflanzengesellschaften heraus, die eine spezifische Artenzusammensetzung aufweisen. Die auf engst möglichem Raum miteinander wachsenden Pflanzen stehen dabei in Konkurrenz zu sowohl Individuen derselben Art (intraspezifische Konkurrenz) wie auch zu Pflanzen anderer Arten (interspezifische Konkurrenz), d.h. sie machen sich gegenseitig das Licht, das Wasser und die Nährstoffe im Boden streitig.

Aus den Erkenntnissen der Pflanzensoziologie lassen sich im Hinblick auf eine Mischkultur zwei Grundsätze ableiten:

1. Nicht jede beliebige Pflanzenkombination ist sinnvoll (Zwiebeln und Möhren sind - als klassisches Beispiel - nicht

zu empfehlen, da deren Wasser- und Nährstoffansprüche nicht übereinstimmen).

2. Der Konkurrenzdruck sollte gering gehalten werden, d.h. den einzelnen Pflanzen muss ausreichend Platz für eine artgerechte Entwicklung zur Verfügung gestellt werden (ein 1,20 m breites Beet mit 7 oder gar 9 Reihen verschiedener Gemüsepflanzen ist sicherlich überfrachtet und führt zu krankheitsanfälligen Pflanzen sowie zu Schwierigkeiten bei den Pflegemaßnahmen).

Die positiven Effekte, die bei einer Mischkultur zu Tage treten sollen, sind in zahlreichen Erfahrungsberichten niedergelegt, die sich allerdings zum Teil widersprechen. Dies liegt vor allem darin begründet, dass sich Unterschiede in Standort (Boden und Klima), Witterung und Pflegemaßnahmen (Düngung, Bewässerung etc.) wesentlich auf das Gedeihen einer Mischkultur auswirken. Somit ist es dem einzelnen Freizeitgärtner weitgehend selbst überlassen, Erfahrungen zu sammeln, um im Laufe der Zeit geeignete Pflanzenmischungen für seinen Garten herauszufinden. Ein wissenschaftlich geführter Nachweis des Nutzeffekts und Wirkungspotenzials von Mischkulturen steht noch aus.

Bei der Mischkultur ist eine sehr sorgfältige Planung unumgänglich, da unter anderem ein Fruchtwechsel unbedingt eingehalten werden sollte. Das bedeutet, dass auf der gleichen Beetfläche keinesfalls zwei Jahre hintereinander Pflanzen der gleichen Familien angebaut werden dürfen. Aber nicht nur deshalb zählen Mischkulturen zu den schwierigsten Anbaumethoden im Gemüsegarten. Das viel gepriesene „bunte Durcheinander“ erschwert vor allem eine gezielte Nährstoffversorgung der einzelnen Kulturen, die einen sehr unterschiedlichen Nährstoffbedarf im zeitlichen Verlauf ihrer Entwicklung aufweisen können. Bei den mitunter empfohlenen intensiven Mischkulturen mit dichtem Pflanzenbestand muss

zudem ein gegenüber üblicher Pflanzdichte z.T. deutlich erhöhter Nährstoffbedarf berücksichtigt werden, um zufrieden stellende Erträge zu erzielen.

Hilfreich bei der Berechnung der erforderlichen Düngungshöhe von Mischkulturen ist das Programm ‚Düngung im Garten‘. Hier können die gewünschten Einzelkulturen zu einer Mischkultur zusammengestellt und die erforderlichen Düngermengen berechnet werden.

In Anbetracht der vielfältigen Probleme, die bei der Verwendung von Mischkulturen auftreten können, erscheint es bei wenig einschlägiger Erfahrung allemal sinnvoller, die verschiedenen Gemüsearten auf kleinen Beeten bzw. Beetteilen getrennt voneinander anzubauen.

### Kalkbedarf

Der optimale pH-Wert für einen Boden hängt von der Bodenart und dem Humusgehalt ab (siehe Tab. 6). Bei abfallender Tendenz ist alle drei bis vier Jahre eine Erhaltungskalkung mit kohlensaurem Kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) in Mengen von  $150 \text{ g/m}^2$  auf leichten Böden bzw.  $250 \text{ g/m}^2$  auf schweren Böden durchzuführen. Deutlich zu niedrige pH-Werte können durch die Gabe von höheren  $\text{CaCO}_3$ -Mengen korrigiert werden. Einzelne Gaben sollten dabei  $270 \text{ g/m}^2$  auf leichten und  $1000 \text{ g/m}^2$  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 zufrieden stellend 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.

### Vierter Schritt: Düngewirkung von Bodenverbesserungs- maßnahmen berücksichtigen

Mit Kompost oder Stallmist, den so genannten Wirtschaftsdüngern, geht mancher Gärtner viel sorgloser um als mit mineralischen bzw. organisch-mineralischen Handelsdüngern: „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 Tab. 18). 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 aufweisen. 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 auf eine



Abb. 7: Eine Kompostmiete liefert wertvollen organischen Dünger.

## Düngewirkung berücksichtigen

Kompostausbringung verzichten, so entfielen aber das letzte Glied im 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 jedoch aufgrund der vielen Vorteile der Kompostierung nicht wünschenswert. Um die Phosphatgehalte im Boden trotzdem nicht noch weiter anzuheben,

Tab. 16: Durchschnittliche Nährstoffgehalte von Gartenkompost

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

sollte die pro Jahr gegebene Kompostmenge an deren Phosphatgehalt (Tab. 16) orientiert sein. Es gilt daher die 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 vollständig gedeckt ist. Bei geringerer P-Versorgung des Bodens (Gehaltsstufe A und B) kann die notwendige Phosphatdüngung durch eine jährliche Kompostgabe von 6 l/m<sup>2</sup> 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 der Fall, da sich organisches Material im Boden anreichert, aus dem fortwährend Stickstoff nachgeliefert wird. Diese Menge ist bei der Stickstoffdüngung anzurechnen.

## Düngewirkung berücksichtigen

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 das Ausgangsmaterial anfällt. Landet die gesamte Menge auf dem Gemüsebeet, wird dieses vollkommen mit Nährstoffen überfrachtet. Darüber hinaus 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 <http://www.hswt.de/fgw.html>).

## 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

Tab. 17: Durchschnittliche Nährstoffgehalte von Mist in der Frischmasse (nach LWG Gartenakademie, 2007b; DLR-Eifel, 2009; Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2009)

Nährstoffgehalte von Mist	verfügbarer Stickstoff N	Phosphat P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Kalium K <sub>2</sub> O	Magnesium MgO
	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
Geflügelmist	19	21	23	5
Hühner-/ Taubentrockenkot	22	31	22	6
Pferdemist	2	3,4	8,6	1
Rindermist	2	3,4	8,6	1
Schafsmist	3,2	3	7	2
Schweinemist	2,4	4	3	2
Stallhasenmist	3,2	3	7	2

Tab. 18: Nährstoffzufuhr mit Kompost und Mist im Vergleich zu Handelsdüngern bei üblicher Aufwandmenge

Nährstoffzufuhr mit	verfügbarer Stickstoff N	Phosphat P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Kalium K <sub>2</sub> O	Magnesium MgO
	g/m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>
<b>Wirtschaftsdünger</b>				
Rinder-/Pferdemist (3 kg/m <sup>2</sup> )	6	10	26	3
Hühner-/Taubentrockenkot (0,3 kg/m <sup>2</sup> )	7	9	7	2
Kompost (3 l/m <sup>2</sup> )	2	12	27	6
<b>Handelsdünger</b>				
Hornoska® (8-4-10-2) (100 g/m <sup>2</sup> )	8	4	10	2
Nitrophoska perfekt® (15-5-20-2) (100 g/m <sup>2</sup> )	15	5	20	2

der Tierart, der Menge der beigemischten Einstreu, der Zusammensetzung des Tierfutters und anderen Faktoren schwanken die Nährstoffgehalte stark (Tab. 17).

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 Tab. 18 aufgeführten Werte zeigen, dass die mit Wirtschaftsdüngern in üblichen Aufwandmengen zugeführten Nährstofffrachten durchaus den Mengen bei Verwendung von Handelsdüngern entsprechen bzw. diese sogar deutlich überschreiten. Daher müssen die Nährstoffgehalte in Wirtschaftsdüngern in jedem

Fall bei der Berechnung von 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/m<sup>2</sup> sowie bei Rinder- und Pferdemist 3 kg/m<sup>2</sup>.

### 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 aller Kulturen geeignet.

Tab. 19: Bewertung der N-Zufuhr durch Gründüngungspflanzen anhand der Aufwuchshöhe

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

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, so dass 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 Gründüngungspflanzen anrechenbare Stickstoffmenge nach deren Aufwuchshöhe beurteilt. Dabei liegen die in Tab. 19 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/m<sup>2</sup> bei der Düngungsbemessung in Rechnung gebracht werden. Bei sehr großen Mengen an Vegetationsrückständen kann der Wert verdoppelt werden.

### Fünfter Schritt: Geeignete Dünger wählen und Menge berechnen

#### Welche Dünger gibt es?

Auf dem Düngemarkt herrscht eine große Angebotsvielfalt. Dabei werden die einzelnen Dünger häufig für bestimmte Kulturen empfohlen (Abb. 8), obwohl es viele sinnvollere Möglichkeiten gibt, Düngemittel einzuteilen. Kriterien wären z.B. Herkunft, Anzahl und Bindungsform enthaltener Nährstoffe, Nährstoffverhältnis sowie Wirkungsdauer.

#### 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, Lupinenschrot oder Pflanzenkali. Beim Einsatz von organischen Düngern ist zu berücksichtigen, dass sie nicht sofort wirken. Die organisch gebundenen Nährstoffe müssen zunächst mineralisiert

Abb. 8: Angebotsvielfalt auf dem Düngemarkt



werden, damit die Pflanzen sie aufnehmen können. Bei Hornprodukten als Stickstoffdünger hängt die Mineralisierungsgeschwindigkeit vom Vermahlungsgrad ab: Hornspäne setzen den Stickstoff langsamer frei als Hornmehl, Horngrieß liegt in der Wirkungsgeschwindigkeit dazwischen. Der Einsatz von Hornspänen 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.

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

Unter Wirtschaftsdüngern versteht 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 Spurennährstoffdüngern. Volldünger enthalten alle Nährstoffe - allerdings nicht unbedingt in dem Verhältnis, das von den Pflanzen benötigt wird.

Die Nährstoffgehalte sind auf der Verpackung angegeben. Bei Mehrnährstoffdüngern werden sie immer in der Reihenfolge N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O aufgelistet, wobei die Angabe in Prozent erfolgt. Ein Dünger mit der Angabe 15 - 8 - 20 enthält also 15 % N, 8 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 20 % K<sub>2</sub>O. 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 K<sub>2</sub>O 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 Laufe 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 Tab. 20 aufgelistet.

Tab. 20 siehe nächste Seite

Tab. 20: Nährstoffgehalte einer Auswahl wichtiger Düngemittel (Evers, 1999)

	Stickstoff N (%)	Phosphat P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Kalium K <sub>2</sub> O (%)	Magnesium MgO (%)
<b>organische Handelsdünger - Einzel- und Mehrnährstoffdünger</b>				
Hornmehl, -grieß, -späne	10-14	-	-	-
Knochenmehl (entleimt)	-	30	-	-
Pflanzkali	-	-	25	-
Horn- und Knochenmehl	7	12	-	-
Vinasse NK flüssig	5	-	7,5	-
org. Volldünger	6	6	6	5
<b>organisch-mineralische Handelsdünger - Mehrnährstoffdünger</b>				
Hornoska	7	4	8	3
Maltaflor	5	3	5	-
<b>Mineraldünger - Einzelnährstoffdünger</b>				
Ammonsulfatsalpeter	26	-	-	-
Schwefelsauerer Ammoniak	21	-	-	-
Superphosphat	-	18	-	-
Kaliumsulfat	-	-	50	-
Korn-Kali	-	-	40	-
60er Kali	-	-	60	-
Bittersalz	-	-	-	16
Kieserit	-	-	-	27
<b>Mineraldünger - Mehrnährstoffdünger</b>				
Kalimagnesia	-	-	30	10
Blaukorn universal	12	12	17	2
Nitrophoska perfect	15	5	20	2

In Verbindung mit Kompost 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 überversorgt 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- und 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 um so 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:

1. 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 zur Folge, dass zur Deckung des Stickstoff-, Phosphat- und Kaliumbedarfs in der Regel jeweils ein einzelner Dünger benötigt wird. Bei der Berechnung der erforderlichen Düngermenge wird zweckmäßigerweise zuerst der Phosphatbedarf durch Verwendung eines Mehrnährstoffdüngers gedeckt, da hierfür kaum Einzelnährstoffdünger zur Verfügung stehen. Der zusätzliche Stickstoff- und Kaliumbedarf wird dann durch Einzelnährstoffdünger ergänzt.

2. 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 mit Hilfe des Nährstoffgehalts des Düngers errechnet werden. Dieser ist als Prozentzahl auf der Verpackung angegeben. Die Gehalte an Hauptnährstoffen (in %) sind in der Reihenfolge N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O aufgeführt. Spurennährstoffe werden gesondert aufgelistet.

Die Umrechnung des Düngedarfs eines Nährstoffs auf die Düngermenge erfolgt mit dieser Formel:

$$\text{Düngermenge} = \frac{100}{\text{Nährstoffgehalt des Düngers in \%}} * \text{Düngedarf des Nährstoffs}$$

Der Düngedarf wird meist in g/m<sup>2</sup> angegeben, entsprechend ergibt sich aus der Formel auch die Düngermenge in g/m<sup>2</sup>.

Beispiel: Für eine Gemüsekultur mit einem Kaliumdüngedarf von 34 g K<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup> wird folgende Menge an Kaliumsulfat (50 % K<sub>2</sub>O) benötigt:

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

Um die Düngermenge für die gesamte bepflanzte Fläche zu ermitteln, muss dieser Wert noch mit der Flächengröße in m<sup>2</sup> 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. Auf Grund der Besonderheiten von Stickstoff (s. Seite 58 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 Düngedarf entsprechen, so dass diese entweder in zu hoher oder zu niedriger Menge verabreicht werden.

Beispiel:

Es soll eine Gemüsekultur mit einem Stickstoffdüngedarf von 20 g/m<sup>2</sup>, einem Phosphatdüngedarf von 5 g/m<sup>2</sup> und einem Kaliumdüngedarf von 30 g/m<sup>2</sup> angebaut werden. Die Düngung soll mit klassischem Blaukorn (12-12-17) erfolgen und am Stickstoff ausgerichtet sein. Somit errechnet sich eine Düngermenge von:

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

Diese 167 g Dünger enthalten dann neben 20 g Stickstoff auch 20 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 28 g K<sub>2</sub>O. Da der Phosphatdüngedarf (5 g/m<sup>2</sup>) im Vergleich zum Stickstoff- und Kaliumdüngedarf relativ gering ist, wird mit der Blaukorngabe das 4-fache gedüngt. Die Kaliumgabe von 28 g/m<sup>2</sup> mit 167 g Blaukorn entspricht in etwa dem Kaliumdüngedarf 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 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 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<sup>2</sup>). 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<sup>2</sup> nicht überschreiten. Liegt der Stickstoffdüngungsbedarf 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, so dass auf Vorrat gedüngt werden kann.

### Informationen zu Nährstoffen im Boden und in der Pflanze

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

Tab. 21: 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

sie in Makronährstoffe (Hauptnährstoffe) und Mikronährstoffe (Spurennährstoffe) eingeteilt. Tab. 21 gibt einen Überblick über alle pflanzenbaulich relevanten Nährstoffe.

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 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 1600 bayerischen Gartenböden wurde festgestellt, dass 97 % der Böden hoch mit Humus versorgt sind und somit dort potentiell 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 ( $\text{NO}_3^-$ ) 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



Abb. 9: Stickstoffmangel bei Spinat

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 Düngplanung die höchste Aufmerksamkeit und Sorgfalt gewidmet werden muss.



Abb. 10: Stickstoffmangel bei Feldsalat (rechts) im Vergleich zu optimaler Ernährung (links)

### 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

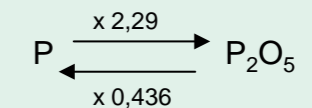


Abb. 11: Stickstoffüberschuss bei Spinat

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 Bedarfszahlen 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, so dass der Pflanze weniger Phosphat zur Aufnahme zur Verfügung steht. 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 (Gehaltsklasse 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. Außerdem ist er wie Stickstoff Bestandteil von Eiweiß und Erbsubstanz. Die häufig anzutreffende Aussage



Abb. 12: Phosphatmangel bei Feldsalat (rechts) im Vergleich zu optimaler Phosphatversorgung (links)

„Phosphor fördert die Blüten- und Fruchtbildung“ stimmt in dieser Form nicht. Der Sinn einer P- und K-betonten Ernährung zum Kulturende hin liegt vielmehr darin, dass ein Zuviel an Stickstoff zu diesem Zeitpunkt Blütenbildung und Fruchtreife behindern würde.

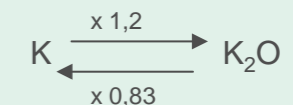
**Ungenügende Phosphatversorgung** hat Wachstumsinderungen zur Folge. Da aber keine Hemmung des Chlorophyllaufbaus stattfindet, verfärben sich die Blätter dunkel- bis stumpfgrün. Bei anhaltendem Phosphatmangel kommt es vorwiegend an älteren Blättern zu einer roten bis violetten Verfärbung.

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

**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 die 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 bei 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 Stoffwechselforgänge notwendig und reguliert den Zellinnendruck. Damit spielt Kalium eine zentrale Rolle für den Wasserhaushalt der Pflanze.



Erstes Anzeichen für **Kaliummangel** ist häufig die so genannte 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.



Abb. 13: Kaliummangel an Tomate

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.

## 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



Abb. 14: Apfelstippigkeit hervorgerufen durch Calciummangel

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

### *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



Abb. 15: Blütenendfäule an Tomaten durch Calciummangel

geringer Verdunstung (Früchte!) auf Triebspitzen vergilben, verfärben oder verformen sich, sterben und knicken ab. Typische Schäden an den Ernteprodukten sind Stippe beim Apfel (siehe Abb. 14 vorhergehende Seite), Blütenendfäule bei Tomaten und Innenbrand an Salat. Eine Ca-Düngergabe über den meist 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, bieten sich Schnittmaßnahmen an, die die Blattmasse verringern.

Dadurch wird die Transpiration der Früchte zu Lasten der Transpiration der Blätter gefördert und damit der Einstrom von Calcium in die Früchte begünstigt. 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 Kaliumübersorgung.

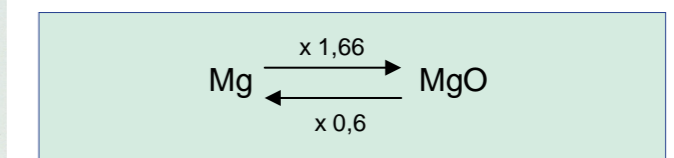
Zu hohe Mengen an Calcium verursachen an sich keine Schäden. Nachteile ergeben sich durch die verringerte Verfügbarkeit von Phosphat und Spurenelementen. Im Extremfall kann das Calcium die Aufnahme der konkurrierenden Nährstoffe Magnesium und Kalium so weit reduzieren, dass an den Pflanzen entsprechende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



Abb. 16: Magnesiummangel an Chrysanthemen

*Funktion in der Pflanze*

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

Ein **Mangel** ist daher vor allem an der geminderten 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 jedoch 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 (s.o.) unwahrscheinlich.

**Zu hohe Schwefelmengen** schädigen die Pflanze nicht.



Abb. 17: Magnesiummangel an Tafeltrauben

**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



Abb. 18: Eisenmangel an zwei Trieben eines Apfelbaumes

nicht zur Verfügung stehen. Die Verfügbarkeit ist stark vom pH-Wert des Bodens abhängig. Mit Ausnahme von Molybdän kann die Pflanze Spurennährstoffe um so 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.



Abb. 19: Bormangel an Tomate

Moorböden sind meist von Natur aus arm an Spurenelementen. Zudem werden einige davon (vor allem Cu) stark an organischer Substanz gebunden, so dass 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 Stoffwechselfvorgänge. 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.



Abb. 20: Borüberschuss an Edellieschen

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 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 alle der Ernesto-Reihe (CD-ROM zur Diagnose von Ernährungsstörungen) entnommen, die über den aid-Vertrieb (c/o IBRo Versandservice GmbH, Kastanienweg 1, 18184 Roggentin; <http://www.aid.de>, bestellung()aid.de) bezogen werden kann.

Landeskuratorium für pflanzliche  
Erzeugung in Bayern e.V.,  
Tel.: 089 729006300

### Liste der Ringwarte für die Bodenuntersuchung:

#### Oberbayern Nord

##### Dachau

Paul Brandhofer, Mieggersbacher Weg 1,  
85235 Odelzhausen,  
Tel.: 08134 1709, Fax: 08134 935576,  
Handy: 0174 8044241

Simon Huber, Straßbach 2,  
85229 Markt Indersdorf, OT Straßbach,  
Tel.: 08136 7527, Fax: 08136 998565,  
Handy: 0160 98529129

##### Eichstätt

Georg Hundsdorfer, Lindenstr. 3,  
85095 Denkendorf, OT Dörndorf,  
Tel.: 08466 1263, Fax: 08466 1263,  
Handy: 0160 99233011

Karl-Heinz Bittl, Untere Au 2,  
85072 Eichstätt, OT Landershofen,  
Tel.: 08421 7673, Fax: 08421 905873,  
Handy: 0172 8317922

##### Freising

Anton Krimmer, Haxthausen 5 a,  
85354 Freising, OT Haxthausen,  
Tel.: 08165 8267, Fax: 08165 809337,  
Handy: 0175 4070293

##### Fürstenfeldbruck

Georg Steber, Brunnenweg 1,  
82276 Adelshofen, OT Luttenwang,  
Tel.: 08202 8314, Fax: 03221 1180060

##### Neuburg-SOB

Martin Wolf, Stefanstr. 24,  
86666 Burgheim, OT Ortlfing,  
Tel.: 08432 8659, Fax: 08432 920946,  
Handy: 0160 91647014

##### Pfaffenhofen -Ilm

Matthias Amberger, Hallertauer Str. 6,  
85301 Schweitenkirchen, OT Großarreshausen,  
Tel.: 08441 72283, Fax: 08441 495953,  
Handy: 0172 8287166

#### Oberbayern Süd

##### Altötting

Lorenz Baisl, Gilgöd 9,  
84571 Reischach,  
Tel.: 08670 804, Fax: 08670 986515,  
Handy: 0170 2211412

##### Berchtesg. Land

Georg Wadispointner, Hellmannsberg 8,  
83454 Anger,  
Tel.: 08656 377, Fax: 08656 985547

##### Ebersberg + München

Franz Rauch, Dorfplatz 8,  
85599 Parsdorf,  
Tel.: 089 90775581, Fax: 089 90937629,  
Handy: 0172 8626747

##### Erding

Martin Ostermeier, Loiperding 6,  
85656 Buch,  
Tel.: 08124 9545, Fax: 08124 528056

##### Landsberg -Lech

Bernhard Drexl, Ammerseestr. 29,  
86940 Schwifting,  
Tel.: 08191 333791, Fax: 08191 333792,  
Handy: 0179 1176782

##### Miesbach + Bad Tölz / Wolfratshausen

Martin Hölzl, Miesbacher Str. 25,  
83666 Waakirchen,  
Tel.: 08021 7937, Fax: 08021 7937

##### Mühldorf -Inn

Hans-Jörg Steinberger, Neuhausen 2,  
84431 Rattenkirchen, OT Neuhausen,  
Tel.: 08082 8387, Fax: 08082 7237,  
Handy: 0171 3044587

##### Rosenheim

Sebastian Winkler, Gachensolden 2,  
83129 Höslwang,  
Tel.: 08056 304, Fax: 08056 902943,  
Handy: 0162 5428100

##### Traunstein

Hubert Kaindl, Bergstr. 11,  
83329 Waging,  
Tel.: 08681 4624, Fax: 08681 471123,  
Handy: 0160 4564446

##### Garm-P+Weilh.-Schong.+Stamb.

Herbert Leier, Dorfstr. 16,  
86986 Schwabbruck,  
Tel.: 08868 792, Fax: 08868 187234,  
Handy: 0171 7074201

#### Niederbayern

##### Deggendorf

Andreas Weber, Zilling 12,  
94491 Hengersberg,  
Tel.: 09901 7620, Fax: 09901 7620,  
Handy: 0170 7142232

##### Freyung-Grafenau

Fritz Petzi, Kirchl 1,  
94545 Hohenau,  
Tel.: 08558 2317+18, Fax: 08558 2368

##### Kelheim

Josef Huber, Oberwangenbach 18,  
84091 Attenhofen,  
Tel.: 08753 518, Fax: 08753 910111,  
Handy: 0171 4741326

##### Passau

Bernhard Wagner, Eden 7,  
94099 Ruhstorf,  
Tel.: 08534 214, Fax: 08534 970642

##### Regen

Walter Steinbauer, Hinterberg 1,  
94262 Kollnburg, OT Hinterberg,  
Tel.: 09942 6260, Fax: 09942 801159,  
Handy: 0171 7159127

##### Rottal-Inn

Hubert Haderer, Freiling 1,  
84332 Hebertsfelden,  
Tel.: 08726 1423, Fax: 08726 910656

##### Straubing-Bogen

Helga Wenninger, Herrengasse 12,  
84164 Moosthenning, OT Thürnthenning,  
Tel.: 08731 91459, Fax: 08731 91458,  
Handy: 0175 2619782

#### Oberpfalz

##### Amberg-Sulzbach

Christine Obermeier, Hauptstr. 16,  
92274 Gebenbach,  
Tel.: 09622 2155, Fax: 09622 71565

##### Cham+SAD

Ludwig Schiedermeier, Moosdorf 2,  
93449 Waldmünchen,  
Tel.: 09972 601 +902125, Fax: 09972 902126,  
Handy: 0171 9911181

##### Neumarkt-Opf.

Michael Feichtmeier, Deininger Str. 8,  
92364 Deining, OT Tauernfeld,  
Tel.: 09184 802100 +802101, Fax: 09184 802102,  
Handy: 0172 8505138

##### Neustadt a.d.W.

Rudolf Frischholz, Kühtränk 1,  
92697 Georgenberg  
Tel.: 09658 322, Fax: 09658 322,  
Handy: 0160 6203404

##### Regensburg

Gerhard Hochmuth, Stall 8,  
93170 Bernhardswald,  
Tel.: 09463 80040+2, Fax: 09463 80041,  
Handy: 0171 8649714

##### Tirschenreuth

Hermann Fischer, Gründlbach 12,  
95643 Tirschenreuth, OT Gründlbach,  
Tel.: 09631 1680, Fax: 09631 795695,  
Handy: 0173 5786561

#### Oberfranken

##### Bamberg

Klaus Deinlein, Neudorf 37,  
96110 Scheßlitz, OT Neudorf,  
Tel.: 09542 70321, Fax: 09542 70327,  
Handy: 0170 7944830

##### Bayreuth

Hans-Erhard Keller, Kanzleistr. 12,  
95488 Eckersdorf,  
Tel.: 0921 30763, Fax: 0921 7313783

##### Coburg

Wolfgang Schultheiß, Froschweg 9,  
96269 Großheirath, OT Gossenberg,  
Tel.: 09569 509, Fax: 09569 981032,  
Handy: 0171 3881186

##### Forchheim

Hermann Greif, Lindenstr. 3,  
91361 Pinzberg,  
Tel.: 09191 65687, Fax: 09191 65677,  
Handy: 0171 9792178

##### Hof

Werner Puchta, Seulbitz 5,  
95126 Schwarzenbach, OT Seulbitz,  
Tel.: 09284 7710, Fax: 09284 7710,  
Handy: 0170 3322972

##### Kronach

Andreas Martin, Glosberg 22,  
96317 Kronach, OT Glosberg,  
Tel.: 09261 52137, Fax: 09261 91177

##### Kulmbach

Rainer Lauterbach, Kulmbacher Str. 26,  
95367 Trebgas,  
Tel.: 09227 4923, Fax: 09227 945 856

**Lichtenfels**

Manfred Maaser, Hauptstr. 36,  
96275 Marktzeuln, OT Zettlitz,  
Tel.: 09574 1454, Fax: 09574 1454

**Wunsiedel**

Gerd Friedrich, Lehsten 7,  
95163 Weißenstad,  
Tel.: 09253 1838, Fax: 09253 880892,  
Handy: 0175 2972913

**Mittelfranken****Ansb. + Fürth**

Gerhard Link, Fischhaus 9,  
91183 Abenberg, OT Dürrenmungenau,  
Tel.: 09873 355, Fax: 09873 948962,  
Handy: 0170 4848227

**Ansbach**

Georg Hörner, Bössennördlingen 6,  
91637 Wörnitz,  
Tel.: 09868 1542, Fax: 09868 93743

**Erl.-Höchstadt**

Rudolf Groß, Kairlindacher Str. 48,  
91085 Weisendorf, OT Kairlindach,  
Tel.: 09135 3726, Fax: 09135 729126,  
Handy: 0171 5576226

**Nürnberger Land**

Reinhold Weiß, Alfalter 6,  
91247 Vorra, OT Alfalter,  
Tel.: 09152 8461, Fax: 09152 8461,  
Handy: 0172 8622321

**NEA-Windsh.**

Horst Hupp, Seenheim 26,  
91465 Ergersheim, OT Seenheim,  
Tel.: 09847 1882, Fax: 09847 407,  
Handy: 0174 4484599

**Roth**

Werner Kurz, Aue 1,  
91177 Thalmässing, OT Aue,  
Tel.: 09173 1270, Fax: 09173 1270  
Georg Lämmermann, Kastenreuther Hauptstr. 7,  
90574 Roßtal,  
Tel.: 09127 7542, Fax: 09127 570078

**Weißenburg-Gunz.**

Erwin Börlein, Römerweg 1,  
91792 Ellingen, OT Stopfenheim,  
Tel.: 09141 71411, Fax: 09141 922914

**Unterfranken****Bad Kissingen**

Reinhard Dieterich, Hauptstr. 131,  
97711 Poppenlauer,  
Tel.: 09733 780745,  
Handy: 0171 4296664

**Rhön-Grabfeld**

Franz Hoch, Mellrichstädter Str. 41,  
97638 Mellrichstadt, OT Eußenhausen,  
Tel.: 09776 1306, Fax: 09776 709353

**Haßberge**

Ludwig Bock, Salmsdorf 12,  
96184 Rentweinsdorf, OT Salmsdorf,  
Tel.: 09536 1084, Fax: 09536 921483

**Miltenbg. + Aschaffnbg. + Main-Spess.**

Berthold Herkert, Spessartstr. 9,  
63897 Miltenberg, OT Breitendiel,  
Tel.: 09371 1523, Fax: 09371 99553,  
Handy: 0171 9554732

**Schweinfurt + Kitzingen**

Michael Pretscher, Hauptstr. 9,  
97509 Kolitzheim, OT Unterspießheim,  
Tel.: 09723 4277, Fax: 09723 9327343,  
Handy: 0170 6743675

**Würzburg**

Roland Kuhn, Birkenstr. 10,  
97255 Sonderhofen, OT Sachsenheim,  
Tel.: 09337 90106, Fax: 09337 90108,  
Handy: 0173 3700649

**Schwaben****Aichach-Friedberg**

Alexander Hawlik, Brünner Str. 8,  
86462 Langweid, OT Stettenhofen,  
Tel.: 0821 297630, Fax: 0821 2976379,  
Handy: 0171 2635668

**Augsburg**

Ulrich Mayr, Greuter Str. 32,  
86497 Horgau, OT Horgauergreut,  
Tel.: 08294 1217, Fax: 08294 804617,  
Handy: 0175 6492010

**Dillingen**

Ludwig Schwenkreis, Ortsstr. 24,  
89437 Haunsheim, OT Unterbechingen,  
Tel.: 09077 1483, Fax: 09077 700285,  
Handy: 0179 2438509

**Günzburg**

Hermann Wundlechner, Kreppenweg 4,  
86356 Neusäß, OT Steppach,  
Tel.: 0821 4862149, Fax: 0821 4862144

**Neu-Ulm**

Nikolaus Braun, Beurener Str. 7 a,  
89284 Pfaffenhofen, OT Beuren,  
Tel.: 07302 6583, Fax: 07302 6583,  
Handy: 0175 7843624

**Ostallgäu**

Albert Bartenschlager, Frankenhofer Str. 4 a,  
86825 Bad Wörishofen, OT Schlingen,  
Tel.: 08247 5971, Fax: 08247 99 25 110

**Unterallgäu**

Hermann Maurus, Guggenberg 14 1/2,  
87724 Ottobeuren, OT Guggenberg,  
Tel.: 08332 1491, Fax: 08332 1491

**Donau-Ries**

Heinz Löfflad, Raiffeisenstr. 4,  
86759 Wechingen, OT Fessenheim,  
Tel.: 09085 375, Fax: 09085 375

**Oberallgäu + Lindau**

Johann Glogger, Linggen 84,  
87471 Durach,  
Tel.: 0831 65908, Fax: 0831 62620

**Beispiele geeigneter Bodenlabore:**

Agrolab Labor GmbH,  
Dr.-Pauling-Str. 3,  
84079 Bruckberg,  
Tel.: 08765 9399644, www.agrolab.de

Institut Koldingen GmbH,  
Breslauer Str. 60,  
31157 Sarstedt,  
Tel.: 05066 90193-0, www.agrolab.de

CbL Dr. Eugen Lehle,  
Bahnhofstr. 37,  
89150 Laichingen-Machtolsheim,  
Tel.: 07333 947212, www.bodenlabor.de

Chemisch-Biologisches Laboratorium,  
Ziegelhütte 3,  
91522 Ansbach,  
Tel.: 0981 97257720, Fax: 0981 97257722  
www.rietzleranalytik.de

Chemisches Labor Dr. Graser,  
Goldellern 5,  
97453 Schonungen,  
Tel.: 09721 75760, www.labor-graser.de

Hettinger-Hielscher, Elke,  
Burgfarnbacher Str. 98,  
90513 Zirndorf,  
Tel.: 0911 6002207

Ingenieurbüro für  
Materialreports und Umweltanalytik IfMU GmbH,  
Bgm.-Finsterwalder Ring 10,  
82515 Wolfratshausen,  
Tel.: 08171 380100, Fax: 08171 380138,  
www.gartenpass.de

Institut Dr. Nuss,  
Schönbornstrasse 34,  
97688 Bad Kissingen,  
Tel.: 0971 7856-0

Wein- und Bodenlabor Dr. K.-H. Nilles,  
Josef-Wächter-Str. 13,  
97332 Volkach,  
Tel. 09381 3031

**Untersuchungsauftrag für Bodenproben**

Die Probe stammt aus dem Gartenteil:

- Gemüsegarten und Erdbeeren
- Baum- und Strauchobst
- Ziergarten
- Kleingewächshaus, Frühbeet
- Rasen

Auf der Probefläche wurde innerhalb des letzten Jahres Kompost verwendet:

- ja
- nein

<b>Bitte ausfüllen!</b> <b>Gewünschte Untersuchung</b>	<b>Nicht ausfüllen!</b> <b>Untersuchungsergebnisse</b>
<input type="checkbox"/> Standard (P, K, pH-Wert)	pH
<input type="checkbox"/> Magnesium	P
<input type="checkbox"/> Humus	K
<input type="checkbox"/> Sonstiges _____	Mg
<input type="checkbox"/> Sonstiges _____	Humus
<input type="checkbox"/> Gewünschte Düngeempfehlung (Gartenpass)	Sonstiges:

Ergebnisse und Rechnung an folgende Adresse gewünscht:

\_\_\_\_\_  
Name, Vorname

\_\_\_\_\_  
Straße, Hausnummer

\_\_\_\_\_  
PLZ, Wohnort

\_\_\_\_\_  
Datum, Unterschrift

## Literatur

- 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. (1993): 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.
- DLR-Eifel (2009): Nährstoffgehalte in Wirtschaftsdüngern (<http://www.dlr-eifel.rlp.de>).
- 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.
- LWG Gartenakademie (2007a): Hinweise zur Bodenprobenahme und Bodenuntersuchung. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Bayerische Gartenakademie, Merkblatt 1201.
- LWG Gartenakademie (2007b): Organische Dünge- und Bodenverbesserungsmittel. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Bayerische Gartenakademie, Merkblatt 1207.
- Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (2009): Mittlere Nährstoffgehalte organischer Dünger (<http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/basisinfos/index.htm>).
- 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): Ermittlung des Kalkbedarfs von Acker- und Grünlandböden auf Basis des pH-Wertes, Methode A 5.2.2. Methodenbuch 1, 3. Teillieferung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VDLUFA (2002): Schätzung des Humusgehaltes aus der Bodenfarbe, Methode D 4.2.1. Methodenbuch 1, 2. Teillieferung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Wendland, M.; Diepholder, M.; Capriel, P. (2007): 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.



