



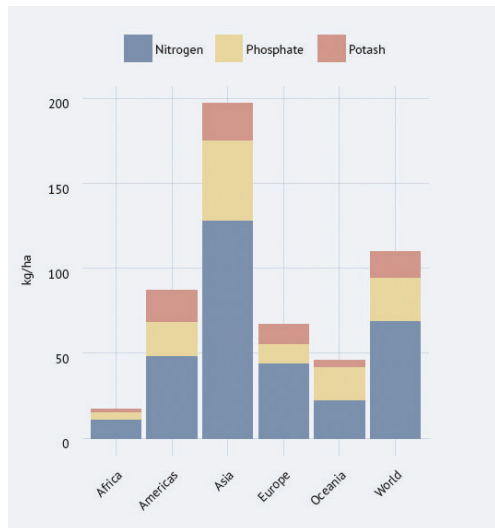
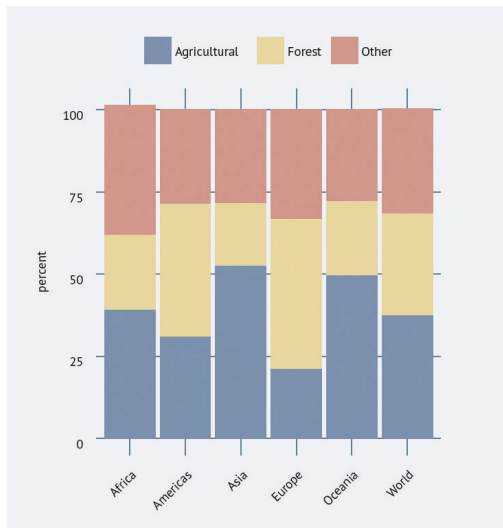
Düngemittel



Verschiedene Dünger, fein gemahlen für die Analyse

Ertragreicher Segen oder vergifteter Fluch?

Mit wachsender Weltbevölkerung werden die Landwirtschaft und die zukünftige Ernährung der Weltbevölkerung immer wichtiger. So soll es bis 2050 über 9 Milliarden Menschen geben (FAO Statistical Yearbook 2013), während heutzutage etwa 38 Prozent des Grund und Bodens landwirtschaftlich genutzt werden ([Abbildung 1](#)).



LINKS
Abbildung 1
Verteilung der Landfläche (FAO 2009)

RECHTS
Abbildung 2
Einsatz von Nährstoffen pro Hektar Ackerland (FAO 2009)

Christian Horvat, BRG Kepler, Graz

B

Hauptnährstoffe unterteilbar in nicht mineralische (Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff) und mineralische (Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium, Calcium und Schwefel)

Spurennährstoffe nur mineralische (Eisen, Mangan, Zink, Kupfer, Bor, Molybdän, Chlor)

Kultursubstrat industriell hergestellte, gebrauchsfertige Erde mit „optimalem“ pH-Wert und Nährstoffen

Langzeitdünger Dünger, der seine Nährstoffe über einen längeren Zeitraum freisetzt; hier: mit Harz ummantelte Nährstoffe

esonders wirkungsvoll könnten Dünger dort sein, wo momentan kaum gedüngt wird, etwa in Afrika (Abbildung 2). Um in Zukunft jeden Menschen ausreichend mit Nahrung versorgen zu können, spielen Düngemittel eine unabkömmliche Rolle.

Doch schon seit der Mensch begonnen hat, sesshaft zu leben und Landwirtschaft zu betreiben, wird versucht, mit Hilfe von Düngemitteln den Ertrag zu steigern. Während ursprünglich mit organischen Stoffen wie Mist und Kompost gedüngt wurde, werden heutzutage vielerorts zusätzlich anorganische Stoffe genutzt, ohne die Landwirtschaft im heutigen Sinn nicht möglich wäre. Doch nicht nur in der Landwirtschaft wird den Pflanzen „nachgeholfen“, auch im privaten Bereich, sei es für Zierpflanzen oder den Hausgarten, finden Dünger ihren Anwendungsbereich.

WAS PFLANZEN ZUM LEBEN BRAUCHEN

Insgesamt benötigt jede Pflanze 16 Nährstoffe zum Überleben. Die Pflanze verwendet diese Nährstoffe zum Beispiel für ihre Früchte. Werden diese Früchte dann abgeerntet, muss gedüngt werden, um der Pflanze und dem Boden wieder Nährstoffe zur Verfügung zu stellen. Diese Nährstoffe lassen sich in **Hauptnährstoffe**, welche die Pflanze in größten Mengen benötigt, und **Spurennährstoffe**, jene Stoffe, die die Pflanze nur in geringen Mengen benötigt, unterteilen. Die drei mineralischen Nährstoffe,

die Pflanzen in den größten Mengen benötigen, sind Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K). Enthält ein Dünger alle drei dieser Nährstoffe spricht man, nach den Kürzeln im Periodensystem, von NPK-Düngern. Oft reichen diese NPK-Dünger aus, um einen merklichen Unterschied zu nicht gedüngten Pflanzen zu erzielen. Anders als bei Stickstoff, Phosphor und Kalium werden Spurennährstoffe nur selten gedüngt. Meist reichen die Spurennährstoffe, die sich bereits im Boden befinden, für eine gute Pflanzenversorgung aus.

DIE ROLLE DES BODENS

Der Boden ist das Nährmedium, in dem die Pflanze wächst. Ein idealer Boden ist Grundvoraussetzung für ein gutes Pflanzenwachstum. Ein wichtiger Aspekt im Boden ist der pH-Wert, denn vom pH-Wert hängt ab, wie gut die einzelnen Nährstoffe durch die Pflanze aufgenommen werden können. Der pH-Wert, bei dem die Nährstoffe in höchstem Maße der Pflanze zur Verfügung stehen, unterscheidet sich von Nährstoff zu Nährstoff. Außerdem ist der pH-Wert auch ein Faktor für die Bodenstruktur. Ein hoher pH-Wert verbessert die Bodenstruktur, indem sich mehr Krümel bilden. Eine verbesserte Krümelbildung hat zur Folge, dass der Boden besser durchlüftet ist. Dies wirkt sich wiederum positiv auf die Bodenlebewesen und auf das allgemeine Pflanzenwachstum aus, kann aber die Verfügbarkeit einiger Spurennährstoffe verschlechtern.

Ein optimaler pH-Wert stellt also immer einen Kompromiss von Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit dar.

Doch was passiert, wenn man den Boden düngt? Nur ein geringer Teil des Düngers und somit der Nährstoffe liegt nach dem Düngen in der sogenannten *Bodenlösung* vor. Aus der Bodenlösung bezieht die Pflanze den Großteil der benötigten Nährstoffe.

Die Nährstoffe, die sich nicht in der Bodenlösung befinden, lagern sich meist an den *Bodenkolloiden* an. Verarmt die Bodenlösung an Nährstoffen, lösen sich die Nährstoffe wieder von den Bodenkolloiden ab, kommen in die Bodenlösung und werden dadurch pflanzenverfügbar. Die Aufnahme durch die Pflanze erfolgt entweder passiv (*Diffusion* und *Massenfluss*) oder aktiv. Bei der aktiven Aufnahme benötigt die Pflanze Energie, mit deren Hilfe sie Nährstoffionen aufnimmt. Im Gegenzug gibt die Pflanze andere Ionen ab. Wird die Pflanze optimal mit allen Nährstoffen versorgt, kann sie ihr volles Potential zeigen und so zum Beispiel den bestmöglichen Ertrag bringen.

Soweit die Theorie, doch wachsen gedüngte Pflanzen wirklich besser als ungedüngte? Der durchgeführte Pflanzversuch mit Gurkenpflanzen hat gezeigt, dass es tatsächlich signifikante Unterschiede gibt.

PFLANZVERSUCH MIT GURKENPFLANZEN

Um die Wirkung des Düngers auf Pflanzen zu veranschaulichen, wurden vom Autor Gurkenpflanzen in Töpfe gesetzt und unterschiedlich gedüngt (*Abbildung 3*). Die Auswirkungen der Erde, in der die Gurkenpflanzen wuchsen, wurden ebenfalls berücksichtigt. So wurde einerseits *Kultursubstrat* verwendet und andererseits Torferde, die einen unpassenderen pH-Wert aufwies und außerdem weniger Nährstoffe enthielt. Die verwendeten Erden wurden nicht selber analysiert, sondern die Werte herangezogen, die sich auf den Verpackungen fanden.

Die Gurkenpflanzen wurden während der Versuchsdauer von 66 Tagen unterschiedlich gedüngt: mit niedriger (0,2%) bzw. hoher (0,4%) Konzentration von mineralischem Dünger im Gießwasser, mit *Langzeitdünger*, ohne Dünger (Kontrolle). Die Düngung über Gießwasser und die mit Langzeitdünger liefern zwar die gleiche

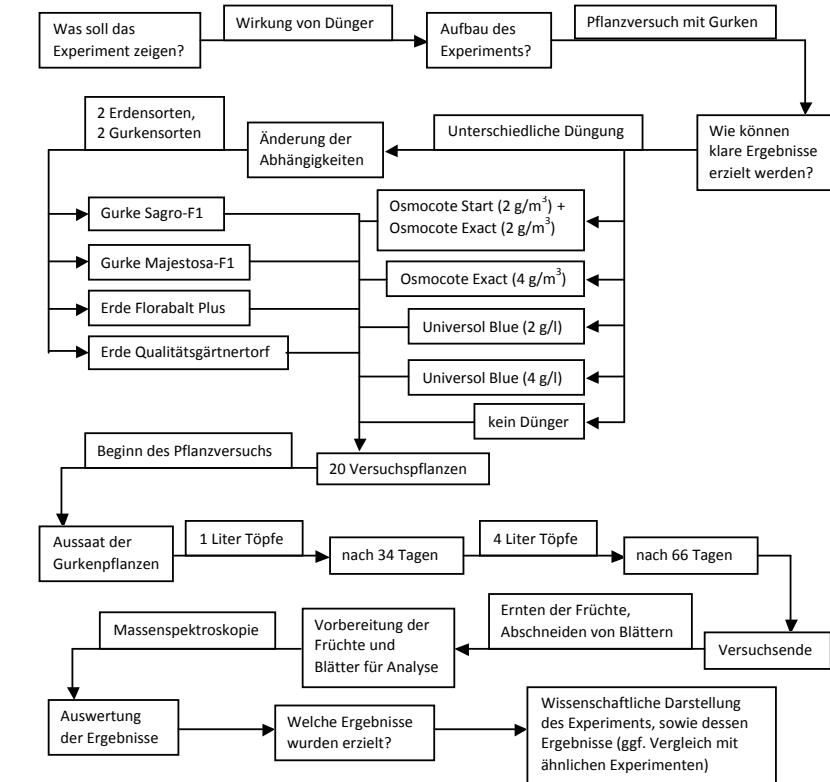


Abbildung 3 Planung und Verlauf des Pflanzversuchs

Menge an Nährstoffen. Allerdings erfolgt die Düngung über Gießwasser kontinuierlich, während der Langzeitdünger einmalig vor der Aussaat in die Erde eingearbeitet wird. Langzeitdünger ist deshalb anwendungs-freundlicher aber teurer.

Um sortenbedingte Unterschiede auszuschließen, wurde der Versuch mit zwei unterschiedlichen Gurkensorten durchgeführt. Die Ergebnisse waren eindeutig: Nach Ende der Versuchsdauer konnten bei den gedüngten Gurkenpflanzen bereits Früchte geerntet werden, während die ungedüngten lediglich eine Wuchshöhe von 20 cm erreichten. Bei Pflanzen, die Früchte trugen, war die Fruchtanzahl sehr ähnlich. Unterschiede zwischen der Düngung mit mineralischen Düngersalzen unterschiedlicher Konzentration durch das Gießwasser und Langzeitdünger konnten nicht festgestellt werden. Entscheidend war aber, in welcher Erde die Pflanzen wuchsen. Im Allgemeinen wuchsen die Pflanzen im Kultursubstrat besser als in der Torferde (*Abbildung 4*). Das bestätigt, dass nicht nur die Düngung selbst, sondern auch die Art des Bodens wichtig für ein optimales Pflanzenwachstum ist.

Bodenlösung
Bodenwasser mit den in ihm löslichen Bestandteilen (z.B.: Nährstoffe)

Bodenkolloide
Humus- und Tonteilchen, die negativ geladen sind

Diffusion
Ausgleich von Konzentrationsunterschieden durch Eigenbewegung der Teilchen

Massenfluss
Bewegung der Teilchen mit dem Wasserstrom

DIE SCHATTENSEITEN DES DÜNGERS

Doch Dünger hat nicht nur positive Auswirkungen. Ein negativer Aspekt von Düngern ist die Wasserbelastung. Vor allem Nitrat stellt ein großes Problem dar. Weil Nitrat eine negative Ladung aufweist, wird es nicht an den ebenfalls negativ geladenen Bodenkolloiden angelagert und unterliegt somit einer starken Auswaschung. Dieses nitratbelastete Wasser kann in Gewässern zu *Eutrophierung* führen. Durch das Überangebot an Nährstoffen vermehren sich einige Organismen (z.B. Algen) in zu starkem Ausmaß, wodurch der Sauerstoffverbrauch steigt. Die Erhöhung der Biomasse und der geringe Sauerstoffgehalt stören das ökologische Gleichgewicht und führen im Extremfall zum Absterben von Fischen. Befindet sich zu viel Nitrat im Trinkwasser, kann dies auch zu gesundheitlichen Problemen führen, indem das Nitrat zu Nitrit

„EIN IDEALER BODEN IST GRUNDVORAUSSSETZUNG FÜR EIN GUTES PFLANZENWACHSTUM. „ DENN DER BODEN IST DAS NÄHRMEDIUM, IN DEM DIE PFLANZE WÄCHST.

Eutrophierung
Anreicherung
von Nährstoffen

PTWI
Abkürzung
für: *provisional tolerable weekly intake* (vorläufig tolerierbare wöchentliche Aufnahmemenge; bis genauere Untersuchungen vorhängen)

umgewandelt wird. Nitrit reagiert mit Hämoglobin, wodurch dieses keinen Sauerstoff mehr transportieren kann. Dieser Verlust des Sauerstofftransportes kann vor allem bei Säuglingen zu Atemnot führen. Desweiteren kann Nitrit im Körper zu krebserregenden Stoffen umgewandelt werden. Ebenfalls problematisch für Tiere und Menschen ist eine zu starke Schwermetallbelastung der Pflanzen. Enthält ein Dünger zu viele Schwermetalle, können sich diese im Boden anlagern und dann vermehrt von der Pflanze aufgenommen werden. Die Schwermetallbelastung der Dünger lassen sich auf die verwendeten Ausgangssalze (z.B. Apatite bei der Phosphorgewinnung) zurückführen. Dünger gilt als chemisch unreines Produkt und ist deshalb je nach verwendeten Salzen unterschiedlich belastet. Aufgrund dieser Problematik wurden verschiedene Dünger auf ihre Schwermetallgehalte hin untersucht.

SCHWERMETALLGEHALTE IN DÜNGERN UND PFLANZEN

Die Gehalte von Schwermetallen in Düngemitteln sind gesetzlich geregelt, bestimmte Grenzwerte dürfen nicht überschritten werden. Ob diese Grenzwerte wirklich eingehalten wurden, wurde anhand von 16 unterschiedlichen landwirtschaftlichen Düngern am Institut für Chemie/ Bereich Anorganische Chemie vom Autor analysiert. Gemessen wurden die Gehalte an Arsen, Cadmium, Chrom, Nickel, Blei und Vanadium (siehe *Tabelle 1*). Die Messungen haben gezeigt, dass keiner der Dünger die gesetzlichen Grenzwerte überschritten hat, somit also, bei bedachtem Einsatz, keine Gefahr von diesen Düngern ausgehen sollte. Desweiteren wurde auch der Schwermetallgehalt der Gurken aus dem Pflanzversuch analysiert. Die Schwermetallgehalte der Gurkenfrüchte wurden mit den *PTWI*-Werten der WHO und des Umweltbundesamtes verglichen (siehe *Abbildung 5*). Wie sich gezeigt hat, geht keine Gefahr von den selbst gezogenen Gurkenfrüchten aus und diese konnten ohne Bedenken verzehrt werden. Die Analyse der Gurkenblätter und Früchte lässt aber eine deutliche Tendenz erkennen: Der Boden ist ein entscheidender Faktor für die Schwermetallgehalte der Gurkenpflanzen. Jene Gurkenpflanzen, die in Kultursubstrat wuchsen, wiesen niedrigere Arsen-, Chrom-, Vanadium- und Thalliumgehalte auf. Zurückzuführen ist dieses Ergebnis vermutlich auf den nicht optimalen pH-Wert der Torferde. Durch den zu niedrigen pH-Wert werden die Schwermetalle mobiler, wodurch sie in erhöhtem Maße von der Pflanze aufgenommen werden. Abschließend lässt sich bemerken, dass weder die Gehalte von Schwermetallen in den Düngern selbst noch in den Gurkenpflanzen und deren Früchten Anlass zur Sorge geben. Jedoch darf auf keinen Fall das eigentliche Ziel aus den Augen verloren werden, nämlich die effektive Steigerung des Ertrags mit besonderer Rücksichtnahme auf die Natur und unsere Gesundheit.

Der Artikel beruht auf Arbeiten und Recherchen, für die der Autor mit dem 1. Platz des Dr. Hans Riegel Fachpreises für steirische Fachbereichsarbeiten in Chemie ausgezeichnet wurde.

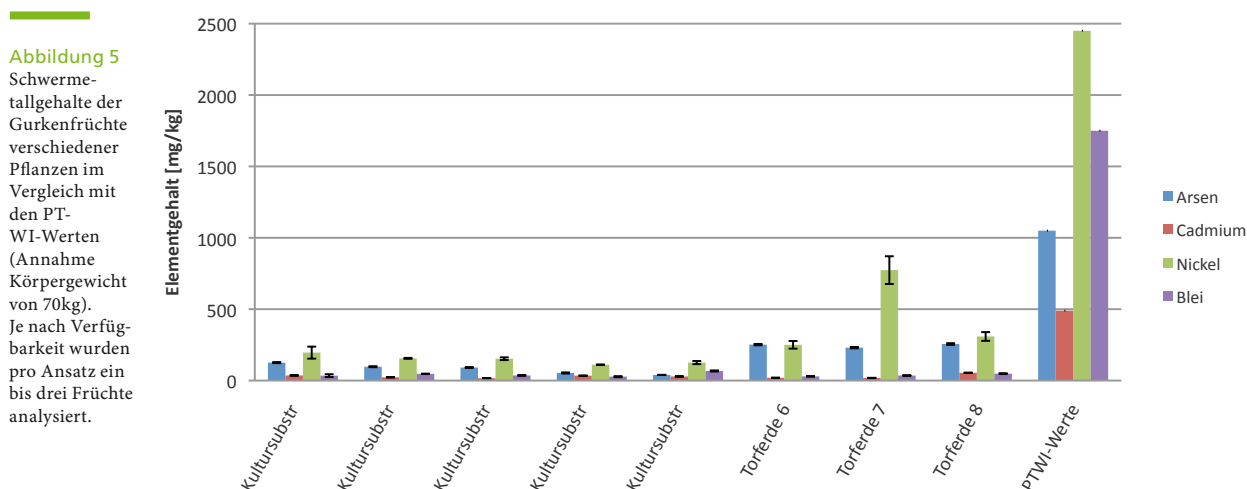




Abbildung 4
Gurkenpflanzen
in Kultursub-
strat (oben)
und in Torferde
(unten). Die rote
Linie zeigt eine
Wuchshöhe von
37 cm an.

Dünger	As [mg/kg]		Cd [mg/kg]		Cr [mg/kg]		Ni [mg/kg]		Pb [mg/kg]		V [mg/kg]	
	Konz.	± Stabw	Konz.	± Stabw	Konz.	± Stabw	Konz.	± Stabw	Konz.	± Stabw	Konz.	± Stabw
Alkrisal	0,59	± 0,09	0,09	± 0,02	0,76	± 0,07	0,86	± 0,04	0,2	± 0,01	0,21	± 0,04
Basacote Plus	1,38	± 0,1	1,89	± 0,1	17,42	± 0,68	5,52	± 1	0,47	± 0,02	32,34	± 1
Basafer Plus Fe	-	± -	-	± -	3,64	± 0,03	3,35	± 0,5	-	± -	12,18	± 1
Blaukorn Classic	1,36	± 0,1	2,63	± 0,05	32,28	± 0,55	6,08	± 0,07	1,08	± 0,11	26,46	± 1
Hakaphos Basis 5	1,37	± 0,1	0,17	± 0,02	1,7	± 0,07	0,56	± 0,07	0,13	± 0,01	1,46	± 0,09
Hakaphos Blau	0,33	± 0,2	0,35	± 0,07	5,58	± 0,35	1,1	± 0,1	0,02	± 0,01	1,25	± 0,08
Hakaphos Rot	0,23	± 0,03	0,05	± 0,01	2,19	± 0,1	0,39	± 0,15	0,17	± 0,01	0,79	± 0,01
Hakaphos Soft Ultra	0,18	± 0,03	0,03	± 0,01	0,82	± 0,35	-	± -	0,02	± 0,01	0,42	± 0,15
Hornspäne	-	± -	-	± -	1,46	± 0,11	-	± -	5,89	± 0,71	0,11	± 0,02
Linzer Spezial	3,44	± 0,1	2,28	± 0,05	43,54	± 0,7	5,9	± 0,13	0,58	± 0,01	38,93	± 1
Novatec Premium	0,59	± 0,13	0,54	± 0,05	10,98	± 1	3,74	± 0,4	0,59	± 0,01	14,9	± 1
Novatec Solub	-	± -	-	± -	1,26	± 0,38	-	± -	0,06	± 0,02	0,48	± 0,25
Osmocote Exact	0,5	± 0,04	0,75	± 0,04	5,2	± 0,07	4,42	± 0,69	0,12	± 0,01	3,53	± 0,07
Osmocote Start	2,23	± 0,1	1,47	± 0,05	20,33	± 0,54	7,57	± 1	0,98	± 0,1	35,28	± 1
Triabon	2,81	± 0,08	0,59	± 0,02	2,37	± 0,13	1,55	± 0,41	0,19	± 0,06	23,53	± 1
Universol Blue	-	± -	0,05	± 0,05	0,76	± 0,1	-	± -	0,1	± 0,04	0,13	± 0,04

Abkürzungen:
 Konz. = Konzentration
 Stabw = Standardabweichung
 As = Arsen
 Cd = Cadmium
 Cr = Chrom
 Ni = Nickel
 Pb = Blei
 V = Vanadium

Tabelle 1
Schwermetallgehalte der untersuchten mineralischen Dünger

QUELLEN

- <http://de.wikipedia.org/wiki/Boden-%C3%B6sung> [Zugriff: 12.9.2013]
 - http://www.fh-erfurt.de/igf/fileadmin/GB/Lehrende/Blankenburg/Modul2_5_Pflanzenernaeh-rung.pdf [Zugriff: 12.9.2013]
 - <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e01.pdf> [Zugriff: 12.9.2013]
 - <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e04.pdf> [Zugriff: 12.9.2013]
 - Seipel, Holger: Fachkunde für Gärtner, 8. aktualisierte und überarbeitete Auflage. Hamburg: Dr. Felix Büchner Handwerk und Technik, 2009
 - Finck, Arnold: Pflanzenernährung und Düngung in Stichwörtern, 6. völlig neu bearbeitete Auflage. Berlin, Stuttgart: Gebrüder Borntraeger 2007
 - Schacht, Henning (Hrsg.) et al.: Pflanzenernährung im Gartenbau, 4. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer KG 2008
 - Evers, Günter: Düngerlexikon für den Gartenbau. Begriffe der Pflanzenernährung und Düngung von A bis Z, 1. Auflage, Braunschweig: Thalacker-Medien, 1998
- Bilder:
<http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e01.pdf>
 (Abbildungen 1, 2)
 andere Bilder: vom Autor