



Substrat-, Pflanzen- und Gießwasseranalysen

Richtwerte zur Beurteilung von Analyseergebnissen

Substratanalysen

Standardmäßig werden bei der Untersuchung von Substratproben der pH-Wert, der Salzgehalt und die Gehalte an löslichem Stickstoff, Phosphor und Kalium gemessen. Für die meisten Kulturen wird ein **pH-Wert im schwach sauren Bereich zwischen pH 5,5 und 6,5** angestrebt.

Je nach Verträglichkeit der Kultur sollten bestimmte Salzgehalte nicht überschritten werden. Die Salzverträglichkeit ist dabei nicht nur von der Pflanzenart, sondern vor allem vom Entwicklungsstadium abhängig. Dabei gilt, dass jüngere Pflanzen deutlich empfindlicher sind als ältere. Tabelle 1 bietet eine Orientierung, welche Höchstwerte nicht überschritten werden sollten.

Tabelle 1: Obergrenzen für den Salzgehalt von Kultursubstraten

Verträglichkeit der Kultur	Salzgehalt [g KCl/l]
empfindlich	< 1,0
verträglich	< 2,0
tolerant	< 3,0

Zur Einordnung der Gehalte an Stickstoff, Phosphor und Kalium können für Kultursubstrate vor der Verwendung die Richtwerte in Tabelle 2 herangezogen werden. Richtwerte für Gehalte während der Kultur sind in Tabelle 3 zu finden. Für die Interpretation von Substratanalysen ist es wichtig, darauf zu achten, mit welchem Extraktionsmittel die Analyse durchgeführt wurde, um sie mit dem passenden Richtwert vergleichen zu können. Dies gilt insbesondere für Phosphat: Hier gibt es außer der Regel, dass die Werte in CAL immer höher sind als die in CAT, keinen festen Zusammenhang. Beim Kalium gilt, dass die Werte in CAL in etwa um den Faktor 1,2 höher sind als die in CAT. Bei Stickstoff (und Magnesium) liefern CAT und CaCl₂ vergleichbare Gehalte.

Tabelle 2: Richtwerte für die Beurteilung von Kultursubstraten vor Verwendung

Nährstoff- ansprüche	anzustrebender Gehalt [mg/l]				
	N	P ₂ O ₅		K ₂ O	
	CAT bzw. CaCl ₂	CAT	CAL	CAT	CAL
niedrig	50 - 200	30 - 150	75 - 250	70 - 300 (500)*	80 - 350 (600)*
hoch	150 - 400	50 - 300	200 - 600	250 - 500 (700)*	300 - 600 (900)*

* Die Zahlen in Klammern gelten für sorptionsstarke Substrate mit Rindenhumus bzw. Substratkompost. Bei solchen Substraten können höhere Kaliumgehalte akzeptiert werden, ohne dass mit Pflanzenschäden gerechnet werden muss.

Welche Mindestnährstoffvorräte im Substrat während der Kultur vorhanden sein sollten, hängt davon ab, ob die Pflanzen über eine Bewässerungs- oder eine Intervalldüngung versorgt werden. Bei einer Intervalldüngung wird ein größerer Sicherheitspuffer benötigt, um Nährstoffmangel vorzubeugen (Tabelle 3).

**Tabelle 3: Richtwerte für die Beurteilung von Kultursubstraten während der Kultur**

Nährstoff- ansprüche	anzustrebender Gehalt [mg/l]				
	N	P ₂ O ₅		K ₂ O	
	CAT bzw. CaCl ₂	CAT	CAL	CAT	CAL
Bewässerungsdüngung					
niedrig	30 - 100	30 - 100	75 - 200	30 - 150 (500)	35 - 180 (600)
mittel	30 - 150	50 - 150	100 - 300	30 - 200 (600)	35 - 240 (750)
hoch	30 - 200	50 - 200	100 - 400	30 - 250 (700)	35 - 300 (900)
Intervalldüngung					
niedrig	50 - 100	30 - 100	100 - 200	50 - 150 (500)	60 - 180 (600)
mittel	80 - 150	50 - 150	150 - 300	80 - 200 (600)	90 - 240 (750)
hoch	100 - 200	50 - 200	200 - 400	100 - 250 (700)	120 - 300 (900)

Für eine ungefähre Beurteilung der Magnesium- und Spurennährstoffgehalte während der Kultur können die Richtwerte in Tabelle 4 genutzt werden. Zum Teil kann keine scharfe Grenze zwischen normaler Versorgung und toxischem Überschuss gezogen werden. Hinzu kommt insbesondere beim Fe, dass der CAT-Extrakt die pH-abhängige Verfügbarkeit nur unzureichend widerspiegelt. Das bedeutet, dass auch bei eindeutigen Mangelsymptomen z. T. hohe Fe-Gehalte analysiert werden.

Tabelle 4: Richtwerte anderer Nährstoffe während der Kultur

Ernährungszustand	Richtwert (CAT) [mg/l]					
	Mg	Cu	Zn	Mn	B	Fe
Mangel	< 50	< 0,4	n. b.*	n. b.*	< 0,2	n. b.*
normale Versorgung	50 - 100	0,4 - 40	1 - 70	2 - 150	0,2 - 1,0	10 - 50
toxischer Überschuss	500	400	> 70	> 150	> 1,0	n. b.*

* nicht bekannt

Pflanzenanalysen

Pflanzenanalysen können eine sinnvolle Ergänzung zu Substratuntersuchungen sein, da die Nährstoffaufnahme der Pflanzen durch verschiedene Faktoren beeinflusst wird und die tatsächliche Versorgung der Pflanze nicht mit dem Angebot an (extrahierbaren) Nährstoffen im Substrat übereinstimmen muss. So kann ein Ionenantagonismus dazu führen, dass es trotz ausreichender Menge im Substrat zum Mangel eines Nährelements in der Pflanze kommt. Ein Beispiel ist Calciummangel, der durch hohe Kali- oder Ammoniumgehalte im Substrat induziert werden kann. Daneben beeinflusst insbesondere der [Substrat-pH-Wert](#) die Pflanzenverfügbarkeit einzelner Nährstoffe sehr stark. Aber auch die allgemeinen Wachstumsbedingungen spielen eine Rolle bei der Nährstoffaufnahme: So wird z. B. Phosphormangel durch niedrige Substrattemperaturen begünstigt. Gleiches gilt für Sauerstoffmangel im Substrat. Dieser kann ebenfalls zu einer verringerten Aktivität der Wurzel und damit zu einer gehemmten Nährstoffaufnahme führen. Das Hauptproblem von Pflanzenanalysen ist die Interpretation, da in der Regel verlässliche Vergleichswerte fehlen. Die Werte in Tabelle 5 sind daher nur als grobe Einstufung zu verstehen.

**Tabelle 5: Nährelementgehalte in der Pflanze**

Nähr- element	Einheit	optimale Versorgung	Ertrags- grenzwert	Symptom- grenzwert	Toxizitäts- grenzwert
N	% Trocken- masse	2 - 5*	2	1,5	6
P		0,3 - 0,5	0,3	0,2	1
K		2,5 - 5	2,5	1,5	6
Ca		0,5 - 3	0,5	0,2	5
Mg		0,3 - 1	0,3	0,15	2
S		0,3 - 1	0,3	0,15	nicht bekannt
Fe	mg/kg Trocken- masse	50 - 200	50	nicht bekannt	nicht bekannt
Mn		40 - 200	40	20	500 - 1000
Zn		30 - 150	30	15	300
Cu		5 - 20	5	2	50
B		5 - 100	5 - 80	3 - 50	50 - 300
Mo		0,3 - 5	0,3	0,1	100

* Normalbereich bei 2 - 5 % Trockenmasse; Gehalte in jungen Blättern krautiger Pflanzen sind höher als in älteren oder verholzten Pflanzenteilen

Für die exakte Interpretation von Pflanzenanalysen sind spezifischere Richtwerte notwendig, da sich die Optimalgehalte zum einen zwischen unterschiedlichen Kulturen deutlich unterscheiden können. Zum zweiten spielen auch das Pflanzenalter, das untersuchte Pflanzenorgan und die Jahreszeit/die Wachstumsbedingungen eine Rolle. Da solche spezifischen Vergleichswerte in der Regel fehlen, empfiehlt es sich, bei einer Pflanzenanalyse neben den Pflanzen mit Symptomen vergleichbare Pflanzen ohne Symptome zu analysieren.

Gießwasseranalysen

Zur Einschätzung der Gießwasserqualität sollten grundsätzlich die [elektrische Leitfähigkeit](#), die [Karbonathärte](#) und die [Gesamthärte](#) untersucht werden. Wie hoch die tolerierbare elektrische Leitfähigkeit im Gießwasser (bzw. der daraus errechnete Salzgehalt) ist, hängt in erster Linie vom Kultursystem und der Salztoleranz der Pflanzen ab (Tabelle 6).

Die Gesamthärte umfasst alle im Wasser gelösten Calcium- und Magnesiumionen. Bei Wässern mit einer geringen Gesamthärte (< 5 °dGH) müssen die beiden Elemente gedüngt werden, um einem möglichen Mangel vorzubeugen. Einen direkten Höchstwert für die Gesamthärte gibt es nicht. Hier kommt es darauf an, welchen Anteil die Karbonathärte ausmacht bzw. welche Anionen (Nitrat, Sulfat oder Chlorid) sich hinter der Nicht-Karbonathärte verstecken. Die tolerierbaren Gehalte an Chlorid und Sulfat im Gießwasser können Tabelle 6 entnommen werden. Höhere Nitrat-Gehalte ab 10 mg Nitrat-N bzw. 50 mg Nitrat pro Liter müssen bei der Bemessung der Stickstoffdüngung berücksichtigt werden. Ammonium kommt in natürlichen Wässern in der Regel nicht vor. Sollte es doch enthalten sein, ist es ein Zeichen für eine Kontamination mit Fäkalien.

Die Karbonathärte ist der Anteil der Calcium- und Magnesiumionen im Wasser, dem mengenmäßig die gleiche Menge an Hydrogencarbonat-Anionen gegenübersteht. Sie ist mitentscheidend für die Entwicklung des pH-Wertes im Substrat. Mehr dazu erfahren Sie in unserem [Video „Grundlegendes zur Gießwasserqualität“](#). Die anzustrebende Karbonathärte liegt bei Kultursystemen mit gepufferten Substraten meist bei 5 - 10 °dKH (= 1,79 - 3,58 mmol HCO₃⁻/l), mit Ausnahme von Moorbeetkulturen und anderen kalkempfindlichen Pflanzen. Hier werden in der Regel Werte unter 5 °dKH angestrebt. Allerdings muss die Karbonathärte immer im Zusammenspiel mit anderen Faktoren, insbesondere der Pufferkapazität des Substrats und der N-Düngung betrachtet werden, sodass im Einzelfall auch eine deutlich höhere Karbonathärte optimal sein kann.



Ein weiterer wichtiger Hinweis auf die Gießwasserqualität ergibt sich aus dem Vergleich der Gesamthärte und der elektrischen Leitfähigkeit: Multipliziert man die gemessene Gesamthärte (in °dGH) mit 35, erhält man größenordnungsmäßig die von der Gesamthärte verursachte Leitfähigkeit in $\mu\text{S}/\text{cm}$. Bei einem Wasser mit einer Gesamthärte von 10 ° wären das 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Liegt die tatsächliche Leitfähigkeit mehr als 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ höher – in diesem Beispiel also über 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – ist dies ein Hinweis darauf, dass das Wasser andere Kationen außer Ca und Mg enthält. Oft ist dies Na, was in einem solchen Fall zusätzlich analysiert werden sollte. Wie hoch der Natrium-Gehalt im Gießwasser maximal sein sollte, findet sich ebenfalls in Tabelle 6.

Tabelle 6: Tolerierbare Salz- und Nährstoffgehalte im Gießwasser

Pufferungs- vermögen Substrat	Salztoleranz der Pflanzen	elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C [mS/cm]*	Na [mg/l]	Cl [mg/l]	SO ₄ -S [mg/l]
geschlossene Kultursysteme					
niedrig	mittel	0,25	25	25	20
hoch	mittel	0,50	50	50	35
offene Kultursysteme					
hoch	sehr niedrig	0,5	50	50	35
	niedrig	1,0	100	100	70
	mittel	1,5	150	200	85
	hoch	2,0	150	300	100

*elektrische Leitfähigkeit [mS/cm] = EC-Wert; elektrische Leitfähigkeit [mS/cm] x 0,528 = Salzgehalt [g KCl/l]

Neben den bereits angesprochenen Elementen, die in Gießwässern vorkommen können, sollte noch auf weitere Elemente geachtet werden. Diese sind in Tabelle 7 erläutert.

Tabelle 7: Weitere im Gießwasser zu beachtende Elemente

Element	Grenzwert [mg/l]	Auswirkung bei Überschreiten des Grenzwertes
Zn	0,5	spezifische Pflanzenschäden, häufig in Form von Fe-Mangel
B	0,5	spezifische Pflanzenschäden
Cu	0,05 - 0,1	unproblematisch bei Substraten mit hohen Gehalten organischer Substanz; Wurzelschäden bei mineralischen Substraten bzw. Hydrokulturen möglich
Fe	1 bzw. 1,5 - 3,0	keine spezifischen Pflanzenschäden rotbraune Flecken auf Blättern und sonstigen Materialoberflächen Verstopfen von Düsen, Tropfschläuchen und Ventilen → niedrigerer Grenzwert: Tropfbewässerung → höherer Grenzwert: Überkopf- oder Anstaubbewässerung

Quellen und weiterführende Literatur:

Bergmann, W., 1993: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Entstehung, visuelle und analytische Diagnose. 3. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Jena.

Röber R. und H. Schacht, 2008: Pflanzenernährung im Gartenbau, Eugen Ulmer KG, Stuttgart.

VDLUFA (Hrsg.), 2016: Methodenbuch Band I: Die Untersuchung von Böden. 4. Ausgabe Grundwerk und 1. bis 7. Ergänzungslieferung. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.