



Das Lebensministerium



Düngungsschnelltests Zierpflanzenbau

Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Heft 10/2009

Freistaat  Sachsen

Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Einsatzmöglichkeiten von Schnelltests zur Düngungsoptimierung im Zierpflanzenbau

Margret Dallmann

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielstellung	1
2	Schnelltestmethoden für Gießwasser und Nährlösungen.....	2
2.1	Leitfähigkeit von Gießwasser und Nährlösungen.....	2
2.2	pH-Wert von Gießwasser und Nährlösungen	4
2.2.1	pH-Bestimmung mit Teststreifen	4
2.2.2	pH-Bestimmung mit Messsonde.....	5
2.3	Nitratmessung in Gießwasser und Nährlösungen.....	7
2.3.1	Nitratbestimmung mit Teststreifen	7
2.3.2	Nitratbestimmung mit dem Reflektometer	8
2.3.3	Nitratbestimmung mit einer ionenselektiven Sonde.....	9
2.3.4	Zusammenfassung Nitratmessung.....	10
3	Schnelltestmethoden für Substrate.....	12
3.1	pH-Wert in Kultursubstraten.....	12
3.1.1	Messung des pH-Wertes direkt im Boden	12
3.1.2	pH-Wert in der Bodenlösung	14
3.2	Aktivitätsmessung.....	16
3.3	PE-KT-Sonden.....	17
3.4	Leitfähigkeit und Salzgehalt von Substraten.....	19
3.5	Nitratgehalt in Substraten	21
3.6	Einsatz von Saugkerzen in Substraten	23
4	Schnelltestmethoden für Pflanzen.....	26
4.1	Nitratgehalt von Pflanzenpresssaft	26
4.2	Chlorophyllfluoreszenzmessungen	35
4.3	Nah-Infrarot-Reflektionsspektroskopie (NIRS) und Hydro-N-Tester	37
5	Übersicht zu den getesteten Messgeräten.....	37
6	Zusammenfassung.....	38
7	Literaturverzeichnis	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Leitfähigkeitsmessgerät	2
Abbildung 2:	pH-Teststreifen.....	4
Abbildung 3:	pH-Messgerät.....	5
Abbildung 4:	pH-Messungen in Nährlösungen mit dem pH-Messgerät und Teststreifen	6
Abbildung 5:	Merckoquandt [®] Nitrat-Teststreifen	7
Abbildung 6:	Reflektometer zur Nitratbestimmung Nitrachek 404 und RQflex [®]	8
Abbildung 7:	Messgerät Nitrat 2000 mit ionenselektiver Sonde	9
Abbildung 8:	Vergleich von Nitratmessungen in verschiedenen Nährlösungen mit Teststreifen, dem Gerät Nitrachek 404, dem Messgerät RQflex [®] und dem Messgerät Nitrat 2000.....	12
Abbildung 9:	pH-Messungen direkt im Boden mit einer Glas-Spezialsonde und einer Stahlsonde im Vergleich zu der Laboranalyse bei verschiedenen Topfkulturen im Gewächshaus.....	14
Abbildung 10:	Herstellen einer Bodenlösung mit dem Spezialmessbecher 5+1	15
Abbildung 11:	Aktivitätsmessgerät	16
Abbildung 12:	Vergleich von Aktivitätsmessungen im Substrat zum Salzgehalt der Laboruntersuchung des Substrates	17
Abbildung 13:	Einsatz von PE-KT-Sonden	18
Abbildung 14:	Vergleich von Aktivitätsmessungen mit PE-KT-Sonden im Substrat zum Salzgehalt der Laboruntersuchung des Substrates.....	19
Abbildung 15:	Vergleich der Salzgehaltsbestimmung mit Hilfe der Leitfähigkeit in der Bodenlösung (1 : 10) mit der Salzgehaltsbestimmung im Labor	21
Abbildung 16:	Vergleich von Nitratstickstoffbestimmungen mit Schnelltest (Bodenlösung 1 : 10; Teststreifen; Reflektometer „Nitrachek“) zur Nitrat- stickstoffbestimmung im Labor bei verschiedenen Topfpflanzensubstraten	23
Abbildung 17:	Einsatz von Keramik-Saugkerzen	24
Abbildung 18:	Streudiagramm von Nitratgehalt im Bodenwasser aus den Saugkerzen zu dem Nitratgehalt der Bodenanalyse im Labor	25
Abbildung 19:	Streudiagramm von dem Salzgehalt des Bodens und der Leitfähigkeit des Bodenwassers.....	26
Abbildung 20:	Probenahmehandzange	27
Abbildung 21:	Geräte zum Abmessen und Verdünnen des Pflanzenpresssaftes und fertig verdünnter Presssaft von Poinsettien.....	28
Abbildung 22:	Unterschiedliche Nitratgehalte in Stielen von jungen und alten Cyclamenblättern bei unterschiedlicher Stickstoffversorgung im Substrat Ende September 2008 (Blühbeginn).....	33
Abbildung 23:	Zusammenhang von Nitratgehalt des Pflanzenpresssaftes und Nitratgehalt des Substrates bei Zonal- und Edelpelargonien im Frühjahr 2008	34

Abbildung 24:	Zusammenhang von Nitratgehalt des Pflanzenpresssaftes und Stickstoffgehalt des Substrates bei Cyclamen und Poinsettien im Herbst 2008.....	34
Abbildung 25:	Messung der Chlorophyllfluoreszenz mit dem PPM-Messgerät der Firma EARS (Niederlande)	35
Abbildung 26:	Boxplot zu Messungen der Photosyntheserate an ungedüngten und gedüngten <i>Hibiscus</i> bei unterschiedlicher Helligkeit	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Vergleich der getesteten Methoden zur Nitrat-Bestimmung	11
Tabelle 2:	Richtwerte für den EC-Wert beim Schnelltest 5+1 bei unterschiedlicher Salzverträglichkeit der Kulturen (nach DOMKE 2006)	20
Tabelle 3:	Messwerte zum Nitrat-Stickstoffgehalt bei der Pflanzensaftanalyse an unterschiedlichen Topf- und Balkonpflanzenarten während der Anzucht in mg N/l Pflanzensaft.....	29
Tabelle 4:	Vergleich von Nitratgehalten im Pflanzensaft zu den Nitratgehalten der Bodenanalyse bei einzelnen Balkonpflanzenarten	31
Tabelle 5:	Übersicht zu den getesteten Messgeräten und Bezugsquellen.....	37

1 Einleitung und Zielstellung

Für eine erfolgreiche Produktion von Zierpflanzen ist es für die Gartenbaubetriebe notwendig, hochwertige Produkte in guter Qualität und mit langer Haltbarkeit anzubieten. Eine optimale Versorgung mit Nährstoffen ist dafür eine wesentliche Voraussetzung. Es liegen viele Richtwerte für die Düngung von Zierpflanzen vor. Da die konkreten Produktionsbedingungen in der Praxis sehr unterschiedlich sind, ist eine Überwachung der Ernährungssituation für eine bedarfsorientierte und optimale Düngung wichtig.

Laboranalysen von Substraten und auch von Pflanzenmaterial sind für den Gartenbaubetrieb immer mit einem hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden. Neben den Aufwendungen einer sorgfältigen Probenahme sind es oftmals logistische Probleme und die unmittelbaren Kosten von 10 bis 15 € je Probe, die die Betriebe von einer Substratanalyse abhalten. Außerdem vergehen mindestens zwei Arbeitstage, bis die Ergebnisse der Laboruntersuchungen zur Verfügung stehen.

Durch die Industrie werden verschiedene Schnelltestmethoden angeboten, die eine einfache und kostensparende Alternative zu den Laboranalysen versprechen. Teilweise werden sie schon konsequent in der Praxis genutzt, aber auch neue Ansätze für die Verwendung im Zierpflanzenbau sind auf dem Markt erschienen und nicht jede Methode ist gleichermaßen geeignet.

In den Jahren 2007 und 2008 wurden im Rahmen des F/E-Projektes „Einsatzmöglichkeiten von Schnelltests zur Düngungsoptimierung im Zierpflanzenbau“ an der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (jetzt: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie) neue und bekannte Schnelltestmethoden geprüft. Dabei stellten die Handhabbarkeit im Praxisbetrieb, die Vergleichbarkeit zu Laboruntersuchungen sowie die Bewertung der finanziellen und zeitlichen Aufwendungen einen wesentlichen Arbeitsschwerpunkt dar. Die Schnelltestmethoden wurden zum größten Teil parallel zu Laboranalysen an Versuchen im Rahmen des F/E-Projektes „Düngungsrichtlinie Zierpflanzenbau“ durchgeführt.

Die wichtigsten Parameter für eine Beurteilung der Ernährungssituation der Pflanzen sind der Salzgehalt, der pH-Wert und der Gehalt an den Hauptnährstoffen Stickstoff, Phosphor und Kalium im Substrat. Aber auch eine Beurteilung der Nährstoffgehalte in der Pflanze kann hilfreich für eine Düngungsoptimierung sein. Die Untersuchungen stellen ein breites Spektrum von Schnelltestmethoden dar, erheben aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Es wurden untersucht:

- in der Nährlösung: Leitfähigkeit
 pH-Wert
 Nitratgehalt
- im Substrat: Aktivitätsmessung
 Leitfähigkeit

- in der Pflanze:
 - pH-Wert
 - Nitratgehalt
 - Einsatz von Saugkerzen
 - Nitratgehalt im Pflanzenpresssaft
 - Chlorophyllfluoreszenz

2 Schnelltestmethoden für Gießwasser und Nährlösungen

Je intensiver ein Produktionsverfahren ist, umso entscheidender sind die Qualität und die Eigenschaften des Gießwassers. Deshalb sollte die Untersuchung des Gießwassers in regelmäßigen Abständen erfolgen. Neben dem direkten Gehalt an Nährstoffen sind besonders der pH-Wert und die Karbonathärte für die Verfügbarkeit der Nährstoffe und das Pflanzenwachstum ausschlaggebend. Grundsätzlich sollte hier eine Laboranalyse erfolgen. Die Schwankungen im Laufe der Kultur bzw. des Jahres können aber problemlos mit Schnelltestmethoden erfasst und kontrolliert werden.

Eine besondere Bedeutung haben Schnelltestmethoden bei der Überprüfung von Nährlösungen, da man durch diese Methoden einen schnellen Überblick über die Düngung der Kulturen erhalten kann.

2.1 Leitfähigkeit von Gießwasser und Nährlösungen



Abbildung 1: Leitfähigkeitsmessgerät

Das Messen der Leitfähigkeit oder auch des EC-Wertes (EC = electrical conductivity) spiegelt den Salzgehalt des Wassers oder der Nährlösung wider. Alle in der Lösung bzw. dem Wasser dissoziierten Ionen werden mit der Leitfähigkeitsmessung erfasst. Eine Aussage zu den einzelnen Ionarten ist nicht möglich.

Wird ein Düngecomputer im Betrieb eingesetzt, erfolgt die Düngerzudosierung meistens über das Messen der Leitfähigkeit des Wassers und die Leitfähigkeitserhöhung durch die einzelnen Stamm-

lösungen. Auch während der Kultur sollte die Leitfähigkeit der Nährlösung regelmäßig kontrolliert werden und damit auch der Düngeranteil.

Messmethode:

Durch Anlegen einer Spannung an zwei Elektroden kann die Stromstärke in der zu überprüfenden Probe gemessen werden, die bei höheren Ionenkonzentrationen steigt. Die Beweglichkeit der Ionen ist stark temperaturabhängig, deshalb erfolgt in den Messgeräten eine Temperaturkompensation der Messung. Der Messwert wird auch als EC-Wert bezeichnet und in Millisiemens/Zentimeter (mS/cm) angegeben.

$$1 \text{ EC} = 1 \text{ mS/cm} = 1000 \text{ } \mu\text{S/cm}$$

Durch Multiplizieren mit dem Faktor 0,528 kann in den Salzgehalt in g/l bezogen auf KCl umgerechnet werden (RÖBER, SCHACHT 2008).

Durchführung:

Bei der Leitfähigkeitsmessung in Nährlösungen und Wasser ist keine weitere Aufbereitung der Probe notwendig. Die Sonde wird direkt in die zu untersuchende Lösung getaucht. Das Messergebnis kann nach der Stabilisierung des Wertes nach etwa einer Minute abgelesen werden. Solange sich der Wert ändert, erfolgt der automatische Temperaturabgleich.

Wenn auch die Leitfähigkeit von Stammlösungen untersucht werden soll, muss ein Gerät mit einem Messbereich bis zu 200 mS/cm eingesetzt werden. Nach der Messung ist die Sonde mit destilliertem Wasser abzuspuhlen und trocken zu tupfen.

Kosten- und Zeitaufwand:

Leitfähigkeitsmessgerät: 350 € (Pocketgeräte ab 90 €)

Die Messung erfolgt direkt in der Nährlösung und dauert auch mit Vor- und Nachbereitung nur wenige Minuten.

Zuverlässigkeit und Bemerkungen:

Die Messung der Leitfähigkeit ist eine sehr genaue Möglichkeit, um die Nährlösung zu überprüfen. Sie entspricht der Labormethode, nur die eingesetzten Sonden sind in der Bauweise etwas robuster. Die Sonde ist pflegeleicht und kann über mehrere Jahre eingesetzt werden. Da die Sonden sehr stabil sind, ist eine Eichung nur in größeren Abständen notwendig. Bei geringer Batterieleistung ist keine zuverlässige Messung mehr möglich. Eine Erfassung der einzelnen Ionenarten erfolgt nicht. Bei der Anschaffung eines Messgerätes sind der geplante Einsatz zu beachten und ein entsprechender Messbereich auszuwählen. Für Messungen in Nährlösungen benötigt man einen Messbereich von 0 bis 20 mS/cm, für die Überprüfung der Stammlösung wird der Messbereich 20 bis 200 mS/cm benötigt. Für den Einsatz im Gartenbau sollte die Sonde robust und mit einem wasserdichten Kabelanschluss ausgestattet sein. Pocket-Messgeräte sind meist schon für etwa 90 € erhältlich, haben aber nur einen Messbereich bis 20 mS/cm.

Bei der Bewertung des Messergebnisses von Nährlösungen ist es wichtig, die Leitfähigkeit des Ausgangswassers zu kennen und die Leitfähigkeitserhöhung durch die eingesetzten Dünger dazuzurechnen. Die Leitfähigkeitserhöhung durch den Dünger ist von der Konzentration und den unterschiedlichen Salzen abhängig und wird durch den Düngemittelhersteller angegeben. EC-Wert-Tabellen für alle handelsüblichen Dünger findet man auch im Internet (DOMKE 2008).

Beispiel: Gießwasser mit einem EC-Wert von 0,5 mS/cm
 0,05%ige Bewässerungsdüngung → EC-Werterhöhung um 0,8 mS/cm (nach Angaben des Düngemittelherstellers)
 Gesamt- EC-Wert der Nährlösung : $0,5 + 0,8 = 1,3$

2.2 pH-Wert von Gießwasser und Nährlösungen

Der pH-Wert der Nährlösung und des Gießwassers hat einen unmittelbaren Einfluss auf die Entwicklung des pH-Wertes im Kultursubstrat. Damit beeinflusst der pH-Wert das Wurzel- und Pflanzenwachstum und die Verfügbarkeit der einzelnen Nährstoffe. Der pH-Wert der Nährlösung sollte regelmäßig gemessen werden. Besonders durch die Zudosierung der Dünger kann sich der Wert je nach Düngerart stark verschieben. Bei Düngecomputern ist deshalb eine Laugen- oder Säurezudosierung möglich. Besonders bei einem Wechsel des Düngers oder bei Kulturproblemen sollte der pH-Wert der Nährlösung überprüft werden.

Bei der Messung des pH-Wertes wird die Konzentration der Wasserstoffionen gemessen. Die Skala reicht von 0 (sehr sauer) über 7 (neutral) bis 14 (stark alkalisch). Die Messung des pH-Wertes in Flüssigkeiten ist ohne Probenvorbereitung möglich und kann mit Teststreifen oder Messgeräten mit einer pH-Sonde erfolgen.

2.2.1 pH-Bestimmung mit Teststreifen



Abbildung 2: pH-Teststreifen

Messmethode:

Zur pH-Wertbestimmung mit Teststreifen sollten nichtblutende Indikatorstreifen verwendet werden. Entsprechend des pH-Wertes erfolgt eine Farbveränderung des Indikators auf dem Teststreifen.

Durchführung:

Der Teststreifen wird solange in die zu überprüfende Flüssigkeit eingetaucht bis keine Farbveränderung mehr auftritt (1 bis 10 min). Dann wird der Streifen mit der Farbskala verglichen.

Kosten- und Zeitaufwand:

pH-Indikatorstreifen (nicht blutend): 7 - 8 €/100 Stück

Die Messung kann ohne Vorbereitung erfolgen und erfordert nur die Wartezeit bis zur endgültigen Ausfärbung des Indikators (max. 10 min)

Zuverlässigkeit und Bemerkungen:

Der Einsatz von Teststreifen ist sehr einfach und unkompliziert, liefert aber mit Abweichungen von $\pm 0,5$ pH kein sehr exaktes Ergebnis. Für die normale gärtnerische Praxis ist diese Genauigkeit oftmals bereits ausreichend. Bei Spezialkulturen und Problemen in der Kultur ist aber eine genauere Messung mit dem pH-Messgerät vorzuziehen. Eine höhere Genauigkeit kann auch durch die Verwendung von Teststreifen für einen eingeschränkten pH-Bereich erzielt werden, z.B. pH 4 - 7. Hier beträgt die Unterteilung der Farbskala 0,3 pH.

2.2.2 pH-Bestimmung mit Messsonde



Abbildung 3: pH-Messgerät

Messmethode:

Die Messung erfolgt mit einer speziellen pH-Elektrode an einem Messgerät.

Durchführung:

Die Sonde muss vor der Messung entsprechend der Bedienungsanleitung des Messgeräteherstellers bei pH 7 und pH 4 geeicht werden. Danach wird die Sonde in die Probe getaucht und der Messwert nach Stabilisierung der Anzeige abgelesen. Nach der Messung muss die Sonde mit destilliertem Wasser abgespült und trocken getupft werden. Die Lagerung erfolgt in 3 molarer KCl-Lösung.

Kosten- und Zeitaufwand:

pH-Messgerät	350 € (Pocketgeräte 90 €)
Eichen der Sonde	5 min
Messung	1 min

Sollen mehrere Proben hintereinander untersucht werden, so ist kein mehrmaliges Eichen erforderlich und der Aufwand je Probe reduziert sich.

Zuverlässigkeit und Bemerkungen:

Für den erfolgreichen Einsatz der pH-Elektrode ist eine sorgfältige Aufbewahrung, Eichung und Pflege notwendig. Wenn die Sonde richtig gelagert wurde und sich normal eichen lässt, sind exakte Messergebnisse zu erreichen. Wenn keine Eichung der Sonde mehr möglich ist, muss diese ausgetauscht werden. Auch die Eichlösungen sollten regelmäßig erneuert werden. Da die pH-Sonden schnell altern, empfiehlt sich die Anschaffung eines pH-Messgerätes nur bei regelmäßiger Verwendung.

In Abbildung 4 ist die Messung mit Teststreifen und mit dem pH-Messgerät verglichen. Die auftretenden Abweichungen zwischen den Messmethoden sind in der Praxis sicher vertretbar.

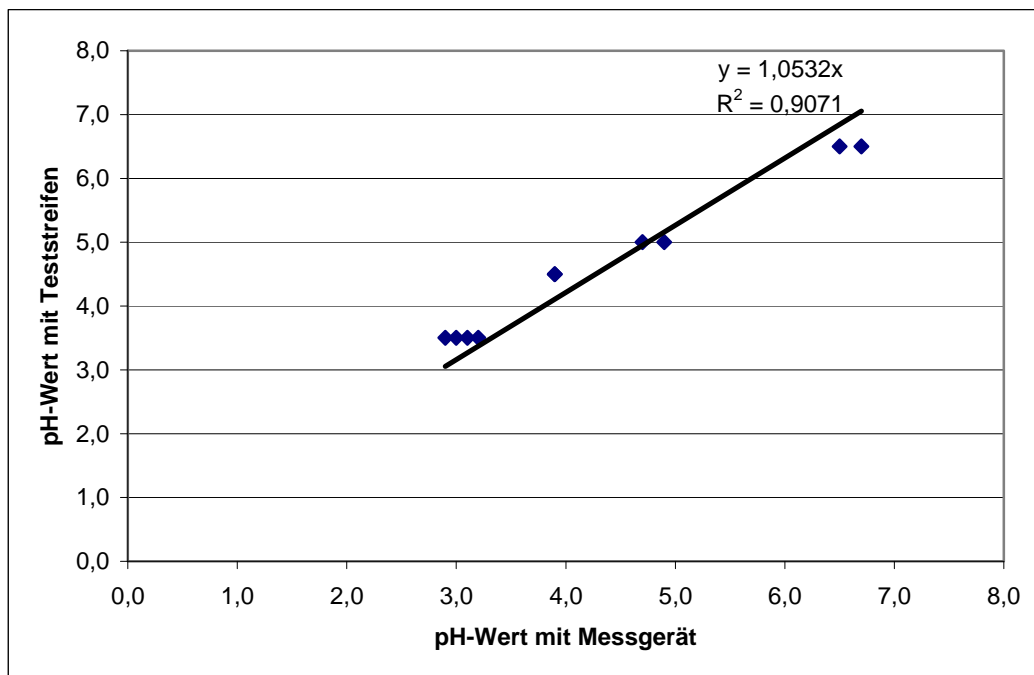


Abbildung 4: pH-Messungen in Nährlösungen mit dem pH-Messgerät und Teststreifen

2.3 Nitratmessung in Gießwasser und Nährlösungen

Stickstoff ist der Leitnährstoff für die Pflanzenernährung. Durch eine Bestimmung des Nitratgehaltes von Nährlösungen kann die Düngungssituation eingeschätzt werden. Die Messung der Nitratkonzentration in Wasser und Nährlösungen ist unproblematisch. Es stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, die sich hinsichtlich des Anschaffungspreises, des Messbereiches und der Genauigkeit unterscheiden.

Ammonium als zweite wichtige Stickstoffform in den Nährlösungen ist problematischer zu erfassen. Hier ist eine Bestimmung mit dem Reflektometer RQflex® und einem passenden Testset mit verschiedenen Reagenzien möglich.

2.3.1 Nitratbestimmung mit Teststreifen



Abbildung 5: Merckoquandt® Nitrat-Teststreifen

Messmethode:

Bei der Verwendung von Nitratteststreifen erfolgt ein Farbumschlag des Indikators auf den Teststreifen in unterschiedlich intensive Violetttöne.

Durchführung:

Der Nitratteststreifen wird etwa 1 Sekunde in die Nährlösung getaucht und dann abgeschüttelt. Nach einer Wartezeit von 1 min kann das Ergebnis mit der Farbskala der Verpackung verglichen werden.

Kosten- und Zeitaufwand:

Nitrat-Teststreifen	18 €/100 Stück
keine Vorbereitungszeit	
Wartezeit	1 min

Zuverlässigkeit und Bemerkungen:

Die recht grobe Einteilung der Farbskala (0-10-25-50-100-250-500 mg/l NO₃) ist für einige Anwendungen sicher ausreichend, aber nicht immer befriedigend. Man erhält einen groben Überblick, ob Nitrat vorhanden ist oder nicht. Die Handhabung ist sehr einfach. Die Wartezeit von einer Minute muss korrekt eingehalten werden. Wenn die Ausfärbung des Indikators sehr schnell erfolgt und den intensivsten Farbwert erreicht, ist zu erwarten, dass der Nitratgehalt über 500 mg/l liegt. Dann muss ein nochmaliger Test in einer Verdünnung der Probe erfolgen.

2.3.2 Nitratbestimmung mit dem Reflektometer



Abbildung 6: Reflektometer zur Nitratbestimmung Nitrachek 404 und RQflex[®]

Messmethode:

Die violette Farbveränderung des Indikators auf den Teststreifen wird mit Hilfe eines Reflektometers quantifiziert.

Durchführung:

Der Einsatz von einem Reflektometer ermöglicht eine genauere Auswertung der Farbänderung des Teststreifens. Dabei ist der Einsatz eines speziellen Reflektometers für Nitrat möglich (z.B. Nitrachek 404) oder es wird ein universelles Messgerät (z.B. Merck RQflex[®]) eingesetzt, das auch für die reflektometrische Bestimmung anderer Nährstoffe geeignet ist. In beiden Fällen wird der Teststreifen nach der Wartezeit von 1 min in das Gerät eingeführt und anschließend der Nitratgehalt in mg/l auf dem Display abgelesen. Das Nitrachek-Gerät wird mit Hilfe einer Kontrolllösung kalibriert. Bei dem RQflex[®] wird durch das Einlesen eines Strichcodes die Kalibrierung auf die verwendeten Teststäbchen gesichert.

Kosten- und Zeitaufwand:

Reflektometer	250 bis 600 €
Teststreifen	18 bis 60 €/100 Stück
Vorbereitungszeit	2 bis 5 min
Wartezeit	1 min

Zuverlässigkeit und Bemerkungen:

Die reflektometrische Messung ist wesentlich genauer als eine visuelle Bestimmung bei einem Farbvergleich. Bei der Verwendung des Messgerätes Nitrachek 404 ist eine Wiederholungsmessung wichtig, da hier öfters größere Abweichungen zwischen den Messungen auftreten können. Beträgt die Differenz mehr als 10 % des Messwertes, muss eine dritte Messung erfolgen. Es wird der Mittelwert von beiden Messungen bzw. den zusammen liegenden Werten (bei drei Messungen) verwendet. Wird das Messgerät RQflex[®] genutzt, so ist oftmals eine Verdünnung der Nährlösung notwendig, da der Messbereich nur bis etwa 50 mg N/l ausgelegt ist. Die Sicherheit des Anzeigewertes ist aber höher als bei dem Gerät Nitrachek. Das Messgerät RQflex[®] kann mit entsprechenden Teststäbchen und Zubehör auch für die Bestimmung von weiteren Nährstoffen in Nährlösungen verwendet werden (z.B. Ammonium, Phosphor, Kalium).

Nicht getestet wurde das Messgerät RQeasy[®] für reflektometrische Messungen. Der Messbereich liegt zwischen 5 und 250 mg NO₃/l. Es kostet etwa 250 €, die Teststreifen zu diesem Messgerät kosten etwa 25 € je 25 Stück. Untersuchungen zu diesem Gerät wurden an der Fachhochschule Bingen durchgeführt. (APPEL 2005).

Bei dem Einsatz aller Teststäbchen ist es wichtig, die Verpackung sofort nach Entnahme zu verschließen und im Kühlschrank zu lagern. Starke Trübungen oder Verfärbungen der Probe können zu falschen Messergebnissen führen.

2.3.3 Nitratbestimmung mit einer ionenselektiven Sonde



Abbildung 7: Messgerät Nitrat 2000 mit ionenselektiver Sonde

Messmethode:

Eine andere Möglichkeit ist der Einsatz einer ionenselektiven Messsonde. Mit Hilfe eines Messgerätes und einer Nitratsonde kann der Gehalt an Nitrat direkt am Messgerät abgelesen werden.

Durchführung:

Vor dem Einsatz der Nitratsonde ist eine Eichung der Sonde entsprechend der Bedienungsanleitung des Messgerätes notwendig. Bei dem getesteten Gerät „Nitrat 2000“ erfolgt eine Schnelleichung über eine Eichlösung mit 500 mg Nitrat/l oder nach längerer Lagerung eine Zweipunkteichung mit 50 und 500 mg Nitrat/l. Anschließend wird die Sonde in die Probe eingetaucht und der Messwert nach Stabilisierung im Display abgelesen. Die Sonde kann trocken gelagert oder in eine Konditionierungslösung eingestellt werden.

Kosten- und Zeitaufwand:

Messgerät mit Nitratsonde	410 €
Vorbereitungszeit	5 min
Messung	wenige Sekunden

Zuverlässigkeit und Bemerkungen:

Der Einsatz der Nitratsonde bringt neben dem weiten Messbereich bis 220 mg N/l den Vorteil, dass Trübungen und Verfärbungen das Ergebnis nicht beeinflussen. Bei der Durchführung von mehreren Messungen ist keine wiederholte Eichung notwendig und der Aufwand je Probe ist dann sehr gering.

2.3.4 Zusammenfassung Nitratmessung

In der Tabelle 1 werden die getesteten Methoden miteinander verglichen. Alle vorgestellten Methoden zur Nitratbestimmung geben das Ergebnis in mg NO_3^-/l an. Da die üblichen Angaben bei Laboranalysen und Düngungsempfehlungen in mg N/l erfolgen, muss das Ergebnis zur Vergleichbarkeit umgerechnet werden. Der Umrechnungsfaktor beträgt 0,226.

Beispiel: Anzeige am Messgerät	100 mg NO_3^-/l
Stickstoffgehalt der Probe	= 100 x 0,226 = 22,6 mg N/l

Tabelle 1: Vergleich der getesteten Methoden zur Nitrat-Bestimmung

Methode	Messstäbchen mit Farbskala	Messstäbchen und Reflektometer		Messgerät mit Nitratsonde
		Nitrachek 404	Merck-RQflex®	
Messbereich	0 –500 mg NO ₃ ⁻ /l bzw. 0 -110 mg N/l	0 –500 mg NO ₃ ⁻ /l bzw. 0 -110 mg N/l	5 –225 mg NO ₃ ⁻ /l bzw. 1 -50 mg N/l	0-1000 mg NO ₃ ⁻ /l bzw. 0 -220 mg N/l
Kosten	18 € für 100 Teststäbchen	330 € Messgerät 18 € für 100 Teststäbchen	600 € Messgerät 30 € für 50 Teststreifen	410 € Messgerät
Handhabung	einfach	Kalibrierung mit Eichlösung notwendig, Wiederholungsmessungen	einfache Kalibrierung mit Strichcode	Kalibrierung mit zwei Eichlösungen
Zeitaufwand	gering, 1 min Wartezeit	5 min für Vorbereitung und Eichung, mind. 2 mal 1 min Wartezeit	2 min für Vorbereitung und Eichung; 1 min Wartezeit	5 min für Vorbereitung und Eichung; bei mehreren Messungen sehr gering
Genauigkeit	sehr grob	gut	sehr gut	sehr gut
Einsatz	bei hoher Düngerkonzentration in der Nährlösung ist eine Verdünnung erforderlich	bei hoher Düngerkonzentration in der Nährlösung ist eine Verdünnung erforderlich	bei den meisten Nährlösungen ist eine Verdünnung erforderlich	Messbereich umfasst die üblichen Nährlösungen im Zierpflanzenbau ausreichend

Im Diagramm in Abbildung 8 sind die Messwerte mit den unterschiedlichen Messgeräten von 10 verschiedenen Nährlösungen dargestellt. Die Unterschiede zwischen den Messmethoden betragen bis zu 80 mg NO₃⁻/l. Rechnet man diesen Wert in Stickstoff um, ist der Unterschied von 18 mg N/l in der Praxis sicher vertretbar.

Besonders zu beachten ist, dass die Farbskala der Teststreifen nur bis 500 mg NO₃⁻/l reicht, das sind entsprechend 110 mg N/l. Während bei den Messgeräten eine Überschreitung des Messbereiches angezeigt wird, muss hier bei einer schnellen und intensiven Einfärbung mit einer weiteren Messung in einer Verdünnung überprüft werden, wie weit der Wert über 500 mgNO₃⁻/l liegt.

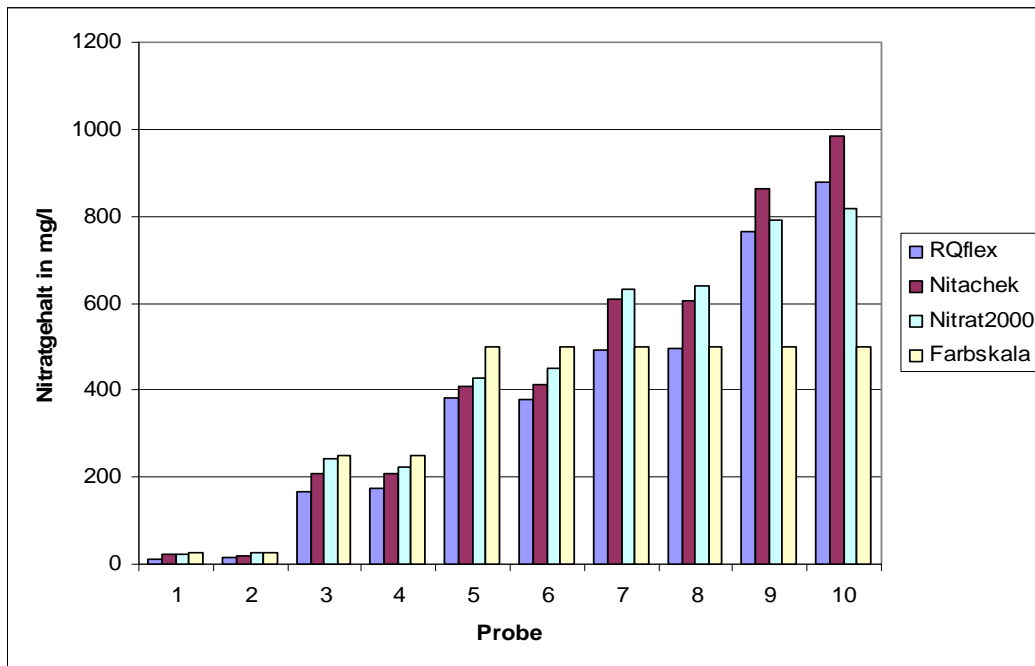


Abbildung 8: Vergleich von Nitratmessungen in verschiedenen Nährlösungen mit Teststreifen, dem Gerät Nitachek 404, dem Messgerät RQflex® und dem Messgerät Nitrat 2000

3 Schnelltestmethoden für Substrate

Im Gegensatz zu den recht einfachen und zuverlässigen Schnelltestmethoden in Wasser und Nährlösungen sind bei der Untersuchung von gärtnerischen Substraten zunächst eine repräsentative Probenahme und in vielen Fällen eine Aufarbeitung der Probe notwendig. Aus diesem Grunde ist die Untersuchung meist nicht in wenigen Minuten erledigt.

Für eine repräsentative Bodenprobe muss eine Mischprobe aus 20 Töpfen oder Einstechstellen je Art und Satz gebildet werden. Die Verteilung der Probestellen erfolgt zufällig oder als Diagonale im Bestand. Extrem kleine oder große Pflanzen werden ausgelassen oder getrennt beprobt. Von den zu beprobenden Töpfen wird ein Segment („Tortenstück“) verwendet oder der gesamte Topfballen ausgeschüttelt. Wurzelstücke müssen ausgelesen und die Probe sehr gründlich durchmischt werden.

3.1 pH-Wert in Kultursubstraten

3.1.1 Messung des pH-Wertes direkt im Boden

Messmethode:

Die Messung des pH-Wertes kann mit einer speziellen Sonde direkt im Substrat erfolgen. Dabei ist eine gute Bodenfeuchtigkeit Voraussetzung für sichere Messergebnisse. Die Messung muss an mehreren Stellen im Bestand wiederholt werden, um einen zuverlässigen Wert zu erhalten. Neben

Spezial-Glas-Einstechelektroden werden auch Stahlsonden für die direkte Messung im Boden angeboten.

Durchführung:

Für eine Direktmessung im Boden sind für Glassonden nur lockere und steinfreie Substrate geeignet. Der Boden muss feucht sein, ansonsten ist eine Befeuchtung des Messloches mit destilliertem Wasser (Spritzflasche) möglich. Vor Beginn der Messungen wird die Elektrode geeicht. Bei dem Einsatz der Glassonde wird mit einem Vorstechdorn ein Loch in den Boden gestochen und anschließend die pH-Elektrode vorsichtig eingeführt. Die Stahlsonde kann direkt in den Boden gestochen werden. Der Boden wird mit leichtem Druck an die Elektrode angedrückt. Das Messergebnis kann nun im Display abgelesen werden. Nach der Messung wird die Elektrode mit destilliertem Wasser abgespült und mit einem weichen Tuch trocken getupft.

Kosten- und Zeitaufwand:

pH-Messgerät mit Spezial-Glas-Einstechsonde	350 €
pH-Messgerät mit Stahlsonde	650 €
5 - 10 Messungen direkt im Boden	10 min
Eichen der Sonde	5 min

Zuverlässigkeit und Bemerkungen:

Die Stahlsonde ist sehr robust und ein Vorstechen für die direkte Messung im Boden ist nicht notwendig. Probleme gab es mit der Eichung des Messgerätes, und auch die Zuverlässigkeit der Messungen ist nicht gegeben. Die Ergebnisse waren unbefriedigend. Die Abweichungen lagen zum Teil weit über 0,5 pH. Somit kann der Einsatz dieses Messgerätes nicht empfohlen werden.

In der Abbildung 9 ist deutlich zu erkennen, dass die Werte von der Stahlsonde nicht zuverlässig sind. Die Werte mit der Glassonde sind dagegen bei einem Bestimmtheitsmaß von 0,8 durchaus praxistauglich.

Der Einsatz eines pH-Messgerätes mit einer Spezial-Glas-Einstechelektrode ist sinnvoll, wenn regelmäßig Untersuchungen im Betrieb durchgeführt werden und das Gerät auch zur Kontrolle der Bewässerungsdüngung eingesetzt wird. Die Direktmessung im Boden mit dem pH-Messgerät ist bei lockeren und gleichmäßig feuchten Substraten eine zuverlässige Variante. Durch den Aufwand bei der Eichung der pH-Sonde und die Alterung der Sonde sind pH-Tests mit Teststreifen in Bodenlösungen bei einem gelegentlichen Einsatz eventuell vorzuziehen. Der Einsatz der Sonde muss vorsichtig erfolgen, um ein Abbrechen zu vermeiden.

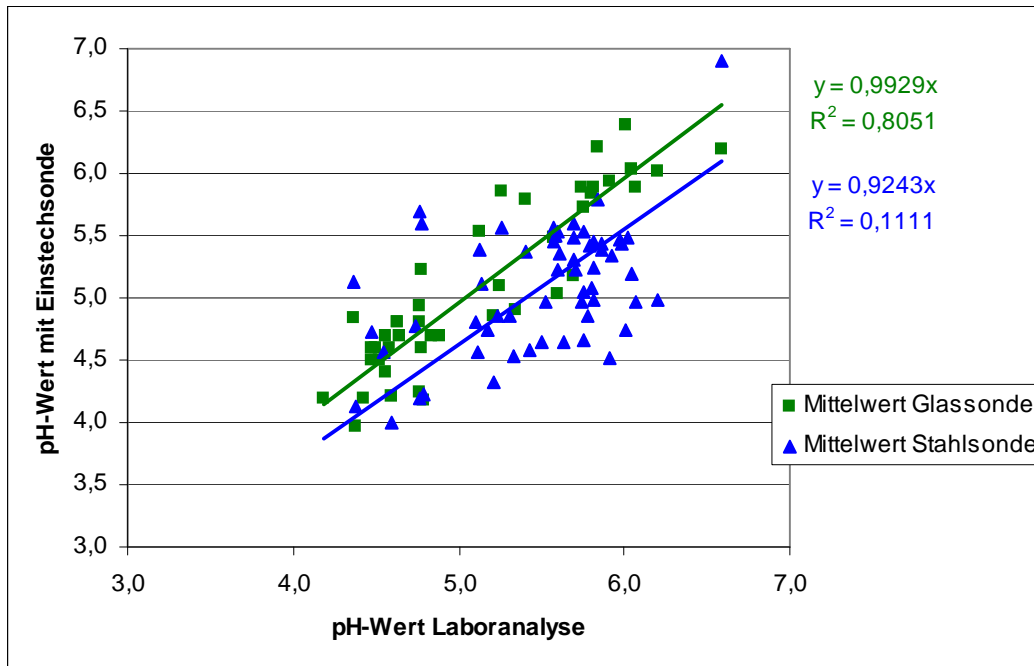


Abbildung 9: pH-Messungen direkt im Boden mit einer Glas-Spezialsonde und einer Stahlsonde im Vergleich zu der Laboranalyse bei verschiedenen Topfkulturen im Gewächshaus

3.1.2 pH-Wert in der Bodenlösung

Messmethode:

Eine andere Möglichkeit zur pH-Bestimmung von Substraten ist das Herstellen einer Bodenlösung, die anschließend mit Teststäbchen oder einem pH-Messgerät untersucht wird. Diese Methode kann immer dann zur Anwendung kommen, wenn sowieso eine Bodenprobe gesammelt wird oder eine Direktmessung nicht möglich ist.

Durchführung:

Bei einer Bodenanalyse im Labor wird das Substrat mit Calciumchloridlösung im Verhältnis 1 : 2,5 verdünnt. Zur Vereinfachung der Verfahrensweise ist die Verwendung von destilliertem Wasser möglich. Der pH-Wert wird dadurch aber um etwa 0,4 pH-Einheiten höher angezeigt (GEBHARD, DOMKE 2006). Bei der Analyse von torfhaltigen Substraten empfiehlt sich die Verwendung des Verdünnungsverhältnisses 5 : 1 mit Hilfe spezieller Messbecher, die meist als Zubehör zu den pH- oder EC-Messgeräten mitgeliefert werden.

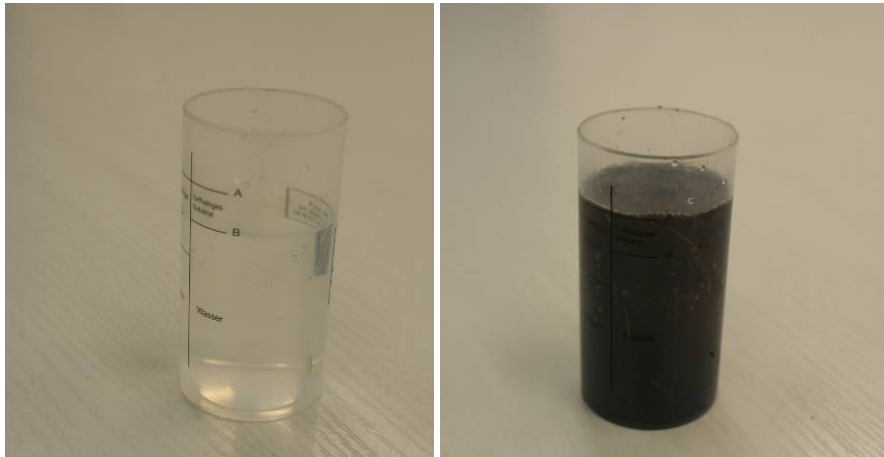


Abbildung 10: Herstellen einer Bodenlösung mit dem Spezialmessbecher 5+1

Für die Messung des pH-Wertes wird zunächst der Messbecher bis zur Markierung B mit destilliertem Wasser gefüllt (5 Teile) und dann von einer repräsentativen Bodenprobe Substrat in den Messbecher bis zur oberen Markierung A (1 Teil) gegeben. In die Substratlösung wird trichterförmiges Filterpapier eingetaucht und in der eintretenden Bodenlösung kann der pH-Wert mit Teststreifen bestimmt werden. Statt Filterpapier kann auch ein Kaffeefilter Verwendung finden. Wird der pH-Wert mit einer stabilen Einstechsonde am Messgerät bestimmt, so ist keine Filterung notwendig.

Kosten- und Zeitaufwand:

pH-Indikatorstäbchen (nicht blutend)	7 - 8 €/100 Stück
pH-Messgerät	350 €
Sammeln und Aufbereitung der Substratprobe	15 min
Eichen der Sonde	5 min
oder Wartezeit bei pH-Teststäbchen	bis zu 10min

Zuverlässigkeit und Bemerkungen:

Die Herstellung einer Bodenlösung mit dem 5+1-Messbecher ist relativ einfach, allerdings muss vorher eine repräsentative Bodenprobe gesammelt werden. Erfolgt die Verdünnung mit destilliertem Wasser, so sind 0,4 pH-Einheiten zu substrahieren, um einen vergleichbaren Wert zu Standard-Laboranalysen zu erhalten.

Wie bei der pH-Bestimmung in Wasser und Nährlösungen sind pH-Teststreifen deutlich billiger, aber auch etwas ungenauer als der Einsatz von Messsonden. Wenn regelmäßige Messungen des pH-Wertes erfolgen, empfiehlt sich auch hier die Anschaffung eines pH-Messgerätes. Der Aufwand für die Pflege und Eichung der Sonde und der gelegentliche Austausch überalterter Sonden muss beachtet werden.

Bei der Auswahl der pH-Teststreifen ist auf einen geeigneten Messbereich zu achten. Für Untersuchungen von Böden und Substraten ist kein Messbereich von 1 bis 14 notwendig. Mit einem passenden Messbereich kann die Genauigkeit erhöht werden.

3.2 Aktivitätsmessung



Abbildung 11: Aktivitätsmessgerät

Messmethode:

Das Messgerät wird mit einer Einstechsonde verbunden, an deren Spitze zwei Elektroden übereinander angeordnet sind. Die Sonde wird in den Wurzelbereich des Kultursubstrates eingestochen. Durch Einschalten des Messgerätes wird eine Spannung angelegt und der Ionenfluss zwischen den beiden Elektroden im Substrat gemessen. Je höher die Ionenkonzentration und deren Aktivität im Substrat, umso höher ist auch der angezeigte Aktivitätswert.

Durchführung:

Die Messung erfolgt durch Einstechen der Sonde in den Boden und muss an mehreren Stellen wiederholt werden, um einen sicheren Wert für den Pflanzenbestand zu erhalten. Der angezeigte Wert ist mit Erfahrungswerten oder den empfohlenen Richtwerten für unterschiedliche Kulturen zu vergleichen und gibt einen groben Überblick zur Ernährungssituation. Eine Anzeige von unter 0,2 bedeutet Nährstoffmangel. Werte über 1,2 weisen auf eine extreme Salzbelastung im Boden hin.

Kosten- und Zeitaufwand:

Aktivitätsmessgerät 190 €
10 Einzelmessungen im Bestand ca. 10 min
keine Vor- und Nachbereitung notwendig

Zuverlässigkeit und Bemerkungen:

Die Aktivitätsmessung stellt eine sehr schnelle, aber auch eine recht grobe Schnelltestmethode dar. Einen entscheidenden Einfluss auf den angezeigten Messwert hat die Substratfeuchte. Ist der Boden zu trocken, sind die Ionen nicht frei beweglich und es wird keine Aktivität gemessen. Bei einem sehr nassen Boden ist ein Verdünnungseffekt zu beobachten. Aus diesem Grunde sollten

Messungen immer etwa eine Stunde nach der Bewässerung durchgeführt werden. Ein weiteres Problem kann eine sehr grobe Bodenstruktur darstellen, da dann nur ein ungenügender Bodenschluss zustande kommt.

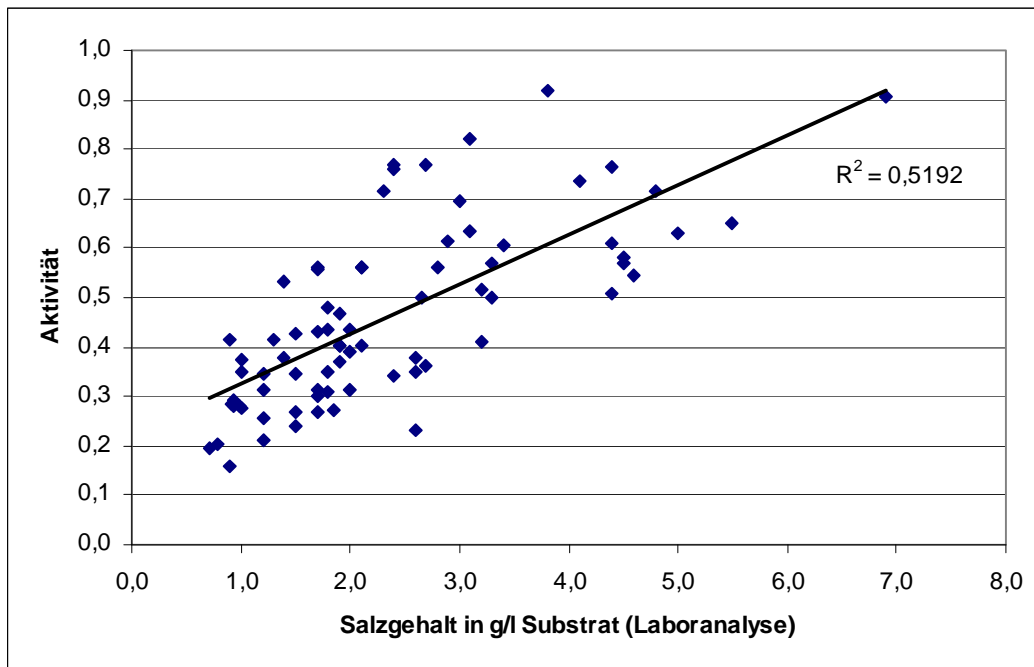


Abbildung 12: Vergleich von Aktivitätsmessungen im Substrat zum Salzgehalt der Laboruntersuchung des Substrates

Wie in Abbildung 12 ersichtlich, ist die Korrelation der Aktivitätsmessung zum Salzgehalt der Standard-Laboranalyse nicht sehr gut. Man erhält mit der Aktivitätsmessung nur einen ungefähren Eindruck zur Nährstoffversorgung im Substrat.

3.3 PE-KT-Sonden

PE-KT-Sonden (**P**flanzen**E**rnährung-**K**ontakt**T**achometer) werden als eine Weiterentwicklung der Aktivitätsmessung angeboten. Der Vorteil ist die Möglichkeit einer festen Installation im Wurzelbereich der Pflanze. Die Messung kann nun immer genau an derselben Stelle erfolgen.

Messmethode:

Bei der Aktivitätsmessung sind die beiden Elektroden übereinander angeordnet. Im Gegensatz dazu sind bei den PE-KT-Sensoren die beiden Elektroden als einzelne Einstechspitzen nebeneinander angeordnet und miteinander verbunden.



Abbildung 13: Einsatz von PE-KT-Sonden

Durchführung:

Die PE-KT-Sensoren werden an repräsentativen Stellen im Pflanzenbestand verteilt und bis in den Wurzelbereich eingestochen. Es gibt verschiedene Längen, so dass auch ein Einsatz in größeren Pflanzgefäßen möglich ist. Zur Messung wird das Aktivitätsmessgerät mit einer speziellen Anlege-sonde verwendet. Durch Auflegen der Sondenpole kann der Messwert an den verschiedenen Messstellen bestimmt und ebenso wie bei der Aktivitätsmessung mit Tabellenwerten oder eigenen Richtwerten verglichen werden. Die Schwierigkeit besteht im Herstellen des Kontaktes zwischen Sensoren und Sonde. Besonders wenn bereits eine leichte Korrosion der Kontakte erfolgte, ist es sehr schwierig plausible Anzeigewerte zu erreichen. Bereits ein kleines Verwackeln führt dann zu anderen Messergebnissen.

Kosten- und Zeitaufwand:

Aktivitätsmessgerät	190 €
PE-KT-Sonde mit 6 Sensoren	75 €
Messung an 6 Sensoren im Bestand	5 bis 10 min
keine Vor- und Nachbereitung notwendig	

Zuverlässigkeit und Bemerkungen:

Ebenso wie bei der Aktivitätsmessung ist eine gleichmäßig hohe Bodenfeuchtigkeit für das Messergebnis ausschlaggebend. Die an festen Stellen im Bestand positionierten Messfühler bringen keinen Vorteil für die Zuverlässigkeit der Messmethode. Die Korrelation der Messwerte zu dem Salzgehalt der Laboruntersuchungen ist, wie in Abbildung 13 zu sehen, nicht besser als bei der Aktivitätsmessung.

Die Kontaktprobleme zwischen Sensoren und Sonde können zu falschen Anzeigewerten führen und erschweren die Handhabung des Messgerätes.

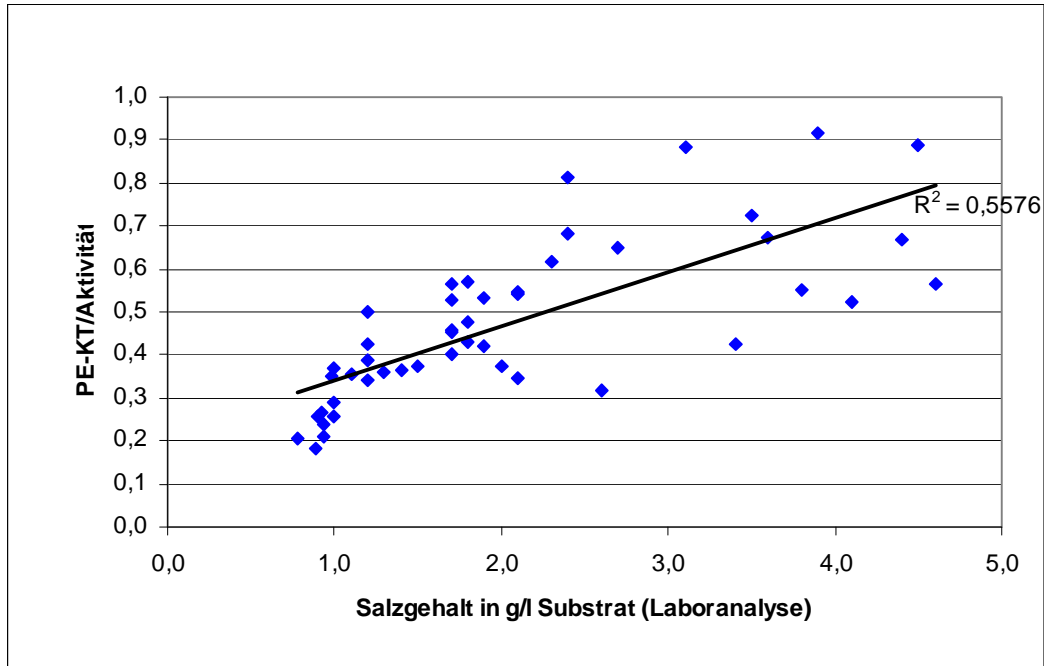


Abbildung 14: Vergleich von Aktivitätsmessungen mit PE-KT-Sonden im Substrat zum Salzgehalt der Laboruntersuchung des Substrates

3.4 Leitfähigkeit und Salzgehalt von Substraten

Messmethode:

Über die Bestimmung der Leitfähigkeit können Aussagen zum Nährstoff- und Salzgehalt von Substraten getroffen werden. Die Leitfähigkeitsmessung erfasst nach Herstellung einer Bodenlösung ebenso wie in Nährlösungen die frei beweglichen Ionen und damit die Nährstoffe im Substrat.

Durchführung:

Zur Messung der Leitfähigkeit in Böden und Substraten ist die Herstellung einer Bodenlösung notwendig. Es werden 20 ml leicht verdichtetes Substrat in 200 ml destilliertes Wasser gegeben und dann ca. 1 Stunde geschüttelt (Verdünnung 1 : 10). Im Labor erfolgt das Schütteln kontinuierlich mit speziellen Apparaten, für den Schnelltest ist mehrmaliges kräftiges Schütteln innerhalb der Stunde ausreichend. Die Abmessung der Substratmenge erfolgt am einfachsten mit einem passenden Rohrstück (z.B. 20 mm Innendurchmesser x 64 mm Länge). Nach dem Schütteln wird die Bodenlösung gefiltert und anschließend mit dem EC-Messgerät die Leitfähigkeit bestimmt. Zur Bestimmung des Salzgehaltes wird das Ergebnis mit dem Verdünnungsfaktor (in diesem Falle 10) und dem Faktor 0,528 für die Umrechnung der Leitfähigkeit in den Salzgehalt multipliziert.

Beispiel: Anzeige	0,5 mS/cm
Salzgehalt	$0,5 \times 10 \times 0,528 = 2,6 \text{ g/l}$

Eine andere Möglichkeit der Herstellung einer Bodenlösung ist die Verwendung eines 5+1-Messbechers (siehe Abbildung 10). Die erzielten Messergebnisse sind dann entweder direkt mit Empfehlungswerten zu vergleichen (siehe Tabelle 2) oder können ebenfalls näherungsweise in den Salzgehalt umgerechnet werden.

Tabelle 2: Richtwerte für den EC-Wert beim Schnelltest 5+1 bei unterschiedlicher Salzverträglichkeit der Kulturen (nach DOMKE 2006)

Salzverträglichkeit	Kulturen	Substrat-EC Schnelltest 5+1
sehr gering	Aussaaten, Vermehrung, Callunen, Orchideen	0,2 -0,3
niedrig	Jungpflanzen, Azaleen, Eriken	0,4-0,6
mittel	Anwuchsphase, Begonien, Cyclamen, Gerbera	0,8-1,0
hoch	Chrysanthemen, Nelken	1,5-2,0

Kosten- und Zeitaufwand:

Leitfähigkeitsmessgerät	360 €
Hilfsmittel: Weithalsflasche, Trichter, Filter, Messröhrchen für Substratprobe	5 €
Sammeln und Aufbereitung der Substratprobe	15 min
Schütteln und Filtern der Probe	70 min (kann neben anderen Arbeiten erfolgen)
Messung	1 min

Zuverlässigkeit und Bemerkungen:

Die Bestimmung der Leitfähigkeit und damit des Salzgehaltes in Böden und Substraten ist eine zuverlässige Methode, die aber den hohen Aufwand der Gewinnung einer repräsentativen Probe aus dem Pflanzenbestand erfordert. Eine recht große Fehlerquelle stellt das Abmessen der Substratmenge von 20 ml leicht verdichtetem Substrat dar. Hier sollte nach Möglichkeit immer eine Person die leichte Verdichtung herstellen.

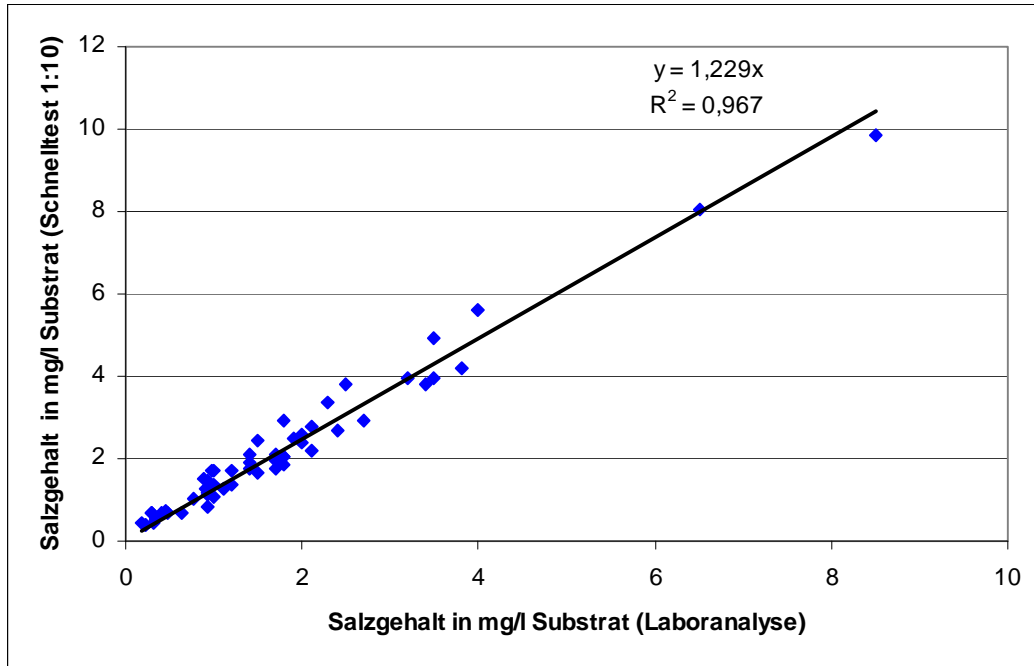


Abbildung 15: Vergleich der Salzgehaltsbestimmung mit Hilfe der Leitfähigkeit in der Bodenlösung (1 : 10) mit der Salzgehaltsbestimmung im Labor

In der Abbildung 15 sind die Salzgehaltsbestimmungen von unterschiedlichen Bodenproben nach der Verdünnungsmethode 1 : 10 im Vergleich zu der Laboranalyse dargestellt. Die Korrelation der Werte ist recht gut, aber insgesamt liegen die Werte des Schnelltestes etwas höher als im Labor. Dies kann sicher eine Ursache in der unterschiedlichen Handhabung der Verdichtung der Substratprobe haben.

Das Ergebnis gibt keine Auskunft zum Vorhandensein einzelner Nährstoffe. Oftmals ist anschließend eine Nitratbestimmung an der gleichen Bodenlösung sinnvoll.

3.5 Nitratgehalt in Substraten

Messmethode:

Zur Bestimmung des Nitratgehaltes von Böden und Substraten ist ebenfalls eine Aufbereitung der Bodenprobe notwendig. Diese erfolgt, ebenso wie bei der Bestimmung der Leitfähigkeit/Salzgehalt, durch das Herstellen einer Bodenlösung 1 : 10. Die Bestimmung kann in der hergestellten Bodenlösung dann wie bei Nährlösungen mit Teststreifen, Reflektometern oder speziellen Nitratsonden erfolgen.

Durchführung:

Zur Messung des Nitratgehaltes in Böden und Substraten ist die Herstellung einer Bodenlösung notwendig. Es werden 20 ml leicht verdichtetes Substrat in 200 ml destilliertes Wasser gegeben und dann 10 min geschüttelt. Im Labor erfolgt das Schütteln kontinuierlich, für den Schnelltest ist

mehrmaliges kräftiges Schütteln ausreichend. Die Abmessung der Substratmenge erfolgt am einfachsten mit einem kleinen Rohrstück mit passenden Abmessungen (z.B. 20 mm Innendurchmesser x 63,7 mm Länge). Nach dem Schütteln wird die Bodenlösung gefiltert. Nach der Messung des Nitratgehaltes mit Teststäbchen, Reflektometer oder Nitratsonde erhält man das Messergebnis in mg NO₃⁻/l. Dieses Ergebnis muss nun für die Verdünnung mit 10 multipliziert werden. Die Umrechnung von NO₃⁻ zu Nitrat-Stickstoff erfolgt mit dem Faktor 0,226.

Beispiel: Anzeige am Messgerät 70 mg NO₃⁻/l
 NO₃-N im Substrat: 70 x 10 x 0,226 = 158,2 mg N/l

Kosten- und Zeitaufwand:

Nitratteststreifen und Messgeräte	siehe Tabelle 1
Hilfsmittel: Weithalsflasche, Trichter, Filter, Messröhrchen für Substratprobe	5 Euro
Sammeln und Aufbereitung der Substratprobe	15 min
Schütteln und Filtern der Probe	10 min (kann neben anderen Arbeiten erfolgen)
Messung	2 min

Zuverlässigkeit und Bemerkungen:

Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit dieser Methode ist gut. Bei standardmäßigen Laboruntersuchungen erfolgt die Extraktion mit Kalziumchloridlösung, für Schnelltests ist die Verdünnung mit Wasser aber ausreichend genau (LOHR et al. 2008). Ebenso wie bei Laboruntersuchungen ist es notwendig, eine repräsentative Bodenprobe im Bestand zu sammeln. Die Aufbereitung und Verdünnung ist mit relativ geringem Aufwand möglich. Da die Nitrate im Boden nicht sehr fest gebunden sind, kann die Schüttelzeit im Vergleich zur Leitfähigkeitsmessung auch auf 5 bis 10 min reduziert werden. Soll neben dem Nitratgehalt auch der Gesamtsalzgehalt bestimmt werden, ist die Schüttelzeit von einer Stunde einzuhalten. Die Wahl der Messmethode (Reflektometer oder Nitratsonde) hat keinen entscheidenden Einfluss auf das Messergebnis. Die größere Fehlerquelle liegt in der Abmessung der 20 ml Bodenprobe. Durch unterschiedliche Verdichtung kann es hier schnell zu Abweichungen kommen. Aus diesem Grunde ist es zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse wichtig, einen eigenen Standard zu schaffen. Die Herstellung der Bodenlösung sollte nach Möglichkeit immer von der gleichen Person durchgeführt werden. In der Abbildung 16 sind die Werte von mehreren Nitratstickstoffbestimmungen in einer Bodenlösung (1 : 10) den Werten der Laboranalyse gegenübergestellt. Die Korrelation ist durch den großen Wertebereich recht gut, obwohl einige Werte etwas stärker abweichen. Auf jeden Fall ist eine Einschätzung der Nitratversorgung möglich und Über- oder Unterversorgung werden gut erfasst.

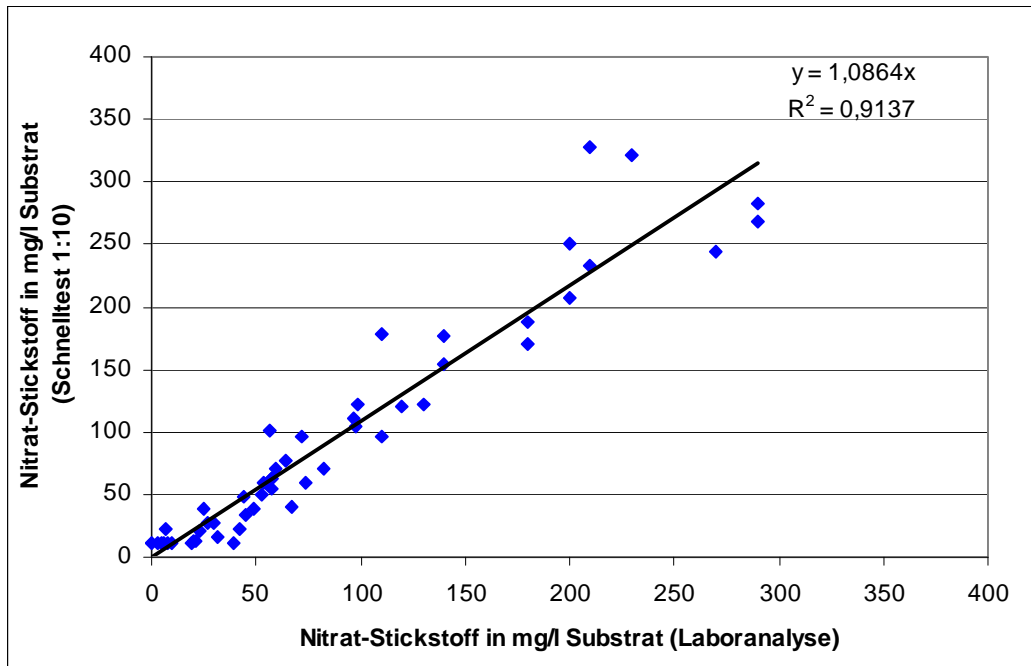


Abbildung 16: Vergleich von Nitratstickstoffbestimmungen mit Schnelltest (Bodenlösung 1 : 10; Teststreifen; Reflektometer „Nitrachek“) zur Nitratstickstoffbestimmung im Labor bei verschiedenen Topfpflanzensubstraten

Die Bestimmung von weiteren Nährstoffen in Substraten (z.B. Ammonium, Kalium, Phosphor) ist als Schnelltestmethode nicht durchführbar. Hier sind aufwendigere Probenvorbereitungen mit speziellen Extraktionsmitteln notwendig.

3.6 Einsatz von Saugkerzen in Substraten

Von verschiedenen Fachfirmen werden Keramik-Saugkerzen zur Gewinnung von Bodenwasser und damit zur Einschätzung des Versorgungszustandes des Bodens angeboten. Besonders im Umweltschutz erfolgen viele Untersuchungen mit dieser Methode. In verschiedenen Versuchen wurden die Einsatzmöglichkeiten in der Topfpflanzenproduktion getestet.

Messmethode:

Keramiksaugkerzen werden in das Substrat gesteckt und mit Hilfe einer Handpumpe wird ein Unterdruck in der Saugkerze erzeugt. Infolgedessen tritt nun Bodenwasser in den Innenraum ein, das anschließend zum Beispiel auf Salzgehalt und Nitrat untersucht werden kann.



Abbildung 17: Einsatz von Keramik-Saugkerzen

Durchführung:

Die Saugkerzen werden an passenden Stellen im Bestand verteilt und mit Hilfe der Handpumpe ein Unterdruck erzeugt. Je nach Feuchtigkeit des Substrates tritt nun Bodenwasser in die Keramikkerze ein und kann mit Hilfe einer kleinen Spritze aus der Kerze entnommen werden. Da man hier nur das Wasser von einem Topf erhält, ist es wichtig, an mehreren Stellen im Bestand Saugkerzen zu installieren oder diese umzusetzen. Sollte kein Wasser in die Keramikkerze eintreten, könnte es an einem Lufteintritt in den Keramikkörper liegen. Dies passiert bei sehr trockenem Boden oder bei niedriger Substrathöhe. Deshalb kann ein Einsatz erst bei Topfgrößen ab 11 cm erfolgen.

Kosten- und Zeitaufwand:

Saugkerze	28 € je Stück
Vakuumpumpe mit Manometer	165 €
Absaugspritze und Röhren	ca. 1 €
Messgeräte zur Bestimmung von Leitfähigkeit und Nitratgehalt	siehe dort (Seiten 3 und 11)
Installation der Saugkerzen und Sammeln der Probe von 5 Messstellen	30 -60 min
Bestimmung von Leitfähigkeit	1 min
Bestimmung Nitratgehalt	bis zu 5 min (wenn Verdünnung erforderlich ist)

Zuverlässigkeit und Bemerkungen:

Der Einsatz von Saugkerzen ist bei Topfkulturen im Zierpflanzenbau nur bedingt zu empfehlen. Die Korrelation der Ergebnisse der Nitratuntersuchung zu Bodenanalysen ist nur in einzelnen Versuchsvarianten gut gewesen. Die Handhabung ist schwierig und kann sehr zeitaufwendig sein. Um bei inhomogenen Beständen ein realistisches Bild zu erhalten, sind Probennahmen aus mehreren Töpfen notwendig. Dies führt zu einem hohen Arbeitsaufwand. Ein weiterer Nachteil ist besonders

bei älteren Pflanzen zu beachten: Im Gegensatz zu den Segmenten bei der Bodenprobe werden die Nährstoffe und Salze der oberen Schichten nicht erfasst.

In Abbildung 18 und in Abbildung 19 sind die Zusammenhänge zwischen der Schnelltestuntersuchung des Bodenwassers und der Laboranalyse dargestellt. Die Bestimmtheitsmaße sind unbefriedigend. Eine Tendenz ist aber auf jeden Fall ablesbar.

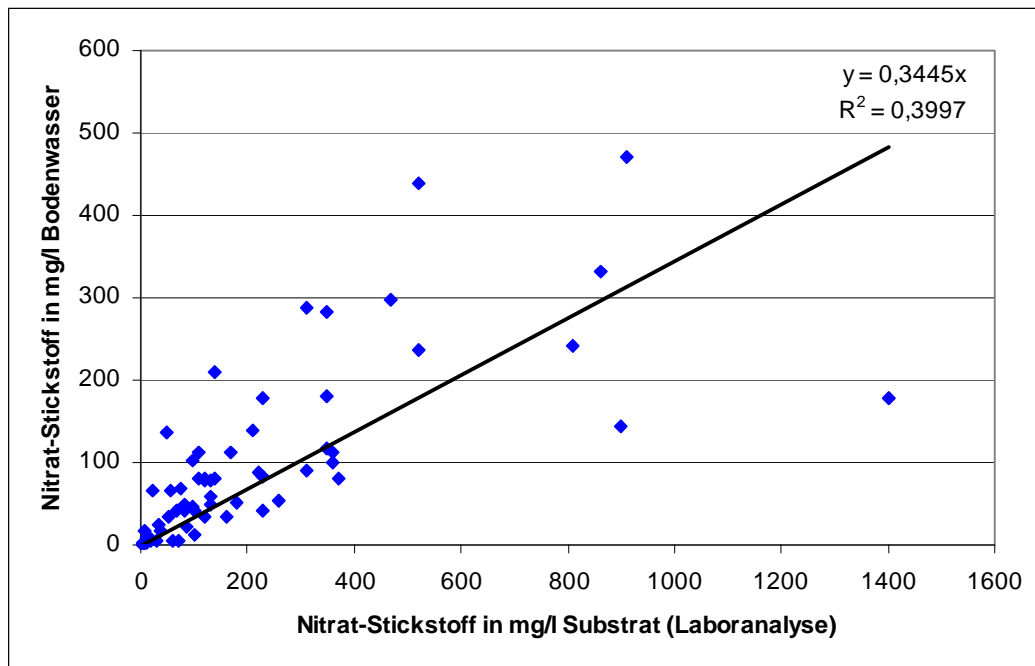


Abbildung 18: Streudiagramm von Nitratgehalt im Bodenwasser aus den Saugkerzen zu dem Nitratgehalt der Bodenanalyse im Labor

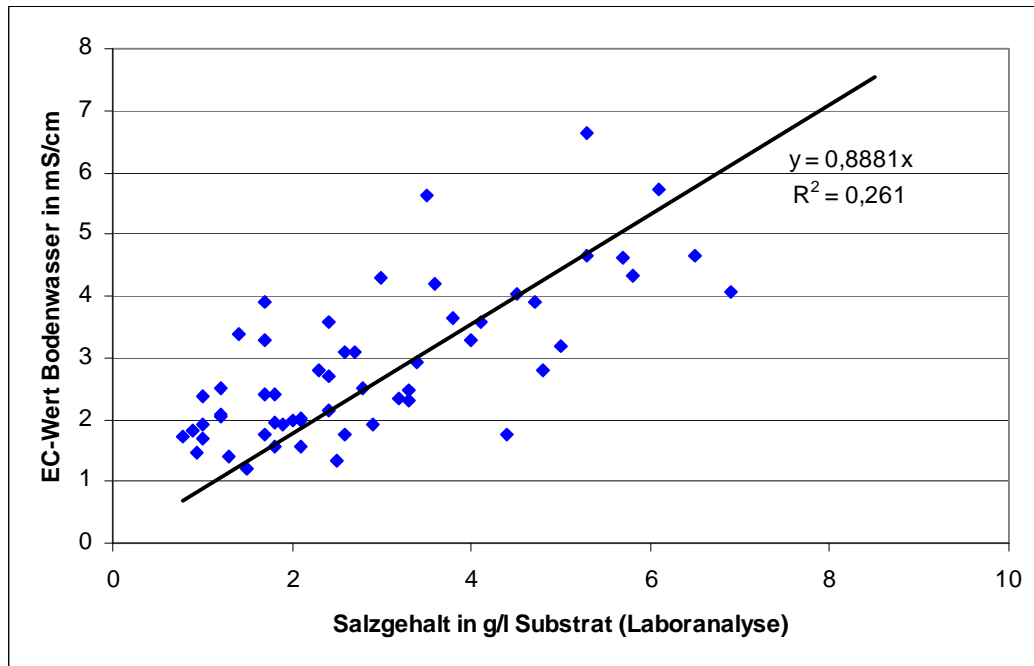


Abbildung 19: Streudiagramm von dem Salzgehalt des Bodens und der Leitfähigkeit des Bodenwassers

4 Schnelltestmethoden für Pflanzen

Schnelltestmethoden zur Untersuchung des Pflanzenmaterials stellen eine interessante Alternative oder Ergänzung zu Bodenuntersuchungen dar. Durch die Bestimmung des Nährstoffgehaltes in der Pflanze erhält man Aussagen zu den von der Pflanze tatsächlich aufgenommenen Stoffen. Die arbeitsaufwendige Bodenprobe kann unter Umständen vermieden werden. Allerdings liegen auf diesem Gebiet bisher wenige Erfahrungen im Zierpflanzenbau vor. Im Rahmen des Projektes wurden umfangreiche Untersuchungen zum Nitrat-Gehalt des Pflanzensaftes durchgeführt. Außerdem liegen bereits Erfahrungen zur Chlorophyllfluoreszenzmessung aus dem Jahre 2003 vor, die in diesem Zusammenhang nochmals mit erwähnt werden sollen.

4.1 Nitratgehalt von Pflanzenpresssaft

In der Landwirtschaft wird zur Bestimmung des Düngedarfs von Wintergetreide eine Pflanzenpresszange eingesetzt und der Pflanzensaft mit Teststäbchen auf seinen Nitratgehalt untersucht. Im Rahmen des F/E-Projektes wurde getestet, inwieweit sich diese Methode auch im Zierpflanzenbau einsetzen lässt.

Messmethode:

Der Presssaft von Pflanzen oder Pflanzenteilen spiegelt die Ernährungssituation der Pflanzen wider. Im Gegensatz zur Bodenprobe werden die in der Pflanze vorhandenen Nährstoffe aufgezeigt. Die vielfältigen Wechselmechanismen bei der Aufnahme über die Wurzel brauchen nicht mehr

beachtet werden. Allerdings ist die Verteilung der Nährstoffe in der Pflanze sehr unterschiedlich und ändert sich auch mit dem Alter der Pflanzen. Ebenso ist nicht jedes Pflanzenorgan gleichermaßen gut zur Gewinnung von Presssaft geeignet. Bisher gibt es keine Richtwerte für den Zierpflanzenbau.

Neben dem Einsatz der Probenahmehandzange sind auch andere Methoden zur Presssaftgewinnung geeignet. Die Pflanzenteile können mit einem Mixer oder dem Messer zerkleinert und anschließend in einer Folientüte ausgepresst werden. Hierbei werden mehr Trüb- und Farbstoffe aus den Zellen ausgelöst und der Pflanzensaft ist durch die intensive Färbung nur bedingt für den Einsatz der Teststreifen geeignet. Eine andere gute Möglichkeit zur Pflanzensaftgewinnung ist der Einsatz einer Knoblauchpresse.

Für einen Schnelltest kommt vor allem der Leitnährstoff Stickstoff in Frage. In der Getreideproduktion wird der Presssaft zur Nitratbestimmung aus den unteren Stängelabschnitten der Getreidepflanze gewonnen und direkt mit dem Nitratteststäbchen untersucht. Die Nitratgehalte der meisten Zierpflanzen aus Gewächshauskulturen liegen wesentlich höher und erfordern eine Verdünnung des Pflanzenpresssaftes. Ebenso wie bei Bodenproben ist eine richtige Probenahme entscheidend für die Zuverlässigkeit des Schnelltestes. Das Material muss repräsentativ für den ganzen Pflanzenbestand gewonnen werden. Auffällige Teile von Pflanzenbeständen sollten eventuell getrennt beprobt werden. Für einen Vergleich mit Richtwerten oder vorhergehenden Messungen ist es besonders wichtig, genau definierte Pflanzenteile zu verwenden. In den Versuchen wurden meist Triebteile oder Blätter von Pflanzen benutzt mit dem Ziel, die Pflanze nicht zu zerstören, sondern weiter zu kultivieren.



Abbildung 20: Probenahmehandzange

Durchführung:

Pflanzenteile von ca. 15 - 20 Pflanzen aus einem Bestand werden mit Hilfe der Handpresszange gesammelt und zerquetscht. Bei dem Einsatz der Handpresszange erfolgt das Zerschneiden der

Pflanzenteile mit der Zange, bei dem Einsatz einer Knoblauchpresse oder anderen Methoden muss das Pflanzenmaterial zunächst zerschnitten werden. Von dem gewonnenen Presssaft werden 0,5 ml pipettiert und mit 10 ml destilliertem Wasser verdünnt. Bei sehr hohen Nitratkonzentrationen ist eine stärkere Verdünnung notwendig.



Abbildung 21: Geräte zum Abmessen und Verdünnen des Pflanzenpresssaftes und fertig verdünnter Presssaft von Poinsettien

Danach wird ein Nitrat-Teststäbchen kurz in die Lösung getaucht, abgeschüttelt und nach der Wartezeit von 1 min der Nitratgehalt mit der Farbskala bestimmt oder mit dem Reflektometer gemessen. Eine Messung mit der Nitratsonde ist ebenfalls möglich und besonders bei einer starken Trübung oder Einfärbung der Probe zu empfehlen. Anschließend muss die Verdünnung zurückberechnet werden.

Beispiel: 0,5 ml Pflanzensaft + 10 ml destilliertes Wasser → Verdünnungsfaktor 21
Anzeige am Messgerät: 50 mg NO₃/l
Faktor zur Umrechnung von Nitrat in Stickstoff: 0,226
Stickstoffgehalt im Pflanzensaft : 50 x 21 x 0,226 = 237 mg N/l

Der erhaltene Wert an Nitrat-Stickstoff im Pflanzensaft kann mit Hilfe der Tabelle 3 oder eigenen vorangegangenen Messungen bewertet werden. Die Werte der Tabelle entstammen Versuchen in Dresden-Pillnitz. Durch gezielte Erzeugung von unterschiedlichen Ernährungssituationen und aus Düngungsversuchen mit anderen Schwerpunkten wurden die Werte gesammelt. Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass es bei einigen Pflanzenarten besonders schwierig ist, Pflanzenpresssaft zu gewinnen. Bei Begonien ist dagegen viel Saft pressbar, aber dieser spiegelt nicht die Ernährungssituation der Pflanzen wider.



Tabelle 3: Messwerte zum Nitrat-Stickstoffgehalt bei der Pflanzensaftanalyse an unterschiedlichen Topf- und Balkonpflanzenarten während der Anzucht in mg N/l Pflanzensaft

Art	Nährstoffmangel	gut versorgt	Nährstoffüberschuss	Pflanzenteil	Bemerkungen
<i>Ageratum houstonianum</i>	100	800-1000		Triebe ohne Blätter	wenig Saft
<i>Agyranthemum frutescens</i>	200	600-1000	1300	Triebe ohne Blätter	
<i>Angelonia</i> Cv.	500	800-1000	2000	Triebe ohne Blätter	wenig Saft
<i>Begonia 'Bonfire'</i>	100	100	100	Triebe ohne Blätter und Blattstiele	viel Saft, aber keine Unterschiede
<i>Begonia semperflorens</i>	100	250		Triebe ohne Blätter	viel Saft
<i>Bidens ferulifolia</i>	300	800-1000	1700	Triebe ohne Blätter	wenig Saft, sehr mühsam
<i>Calibrachoa</i> Cv.				Triebe ohne Blätter	kein Saft gewinnbar
<i>Catharanthus roseus</i>	150	400-600	1000	Triebe ohne Blätter	wenig Saft
<i>Cyclamen persicum</i>	200	400-800	1200	Blattstiele von voll ausgebildeten Blättern	
<i>Cyclamen persicum</i> , Mini	50	300-400		Blattstiele von voll ausgebildeten Blättern	
<i>Dianthus chinensis</i>	200	1000		Triebe mit Blattansätzen	
<i>Diascia</i> Cv.	150	500-1000	1300	Triebe ohne Blätter	
<i>Euphorbia pulcherrima</i>	200	400-800	1000	nicht zu harte Triebe oder Blattstiele von normal entwickelten Blättern	
<i>Fuchsia</i> Cv.	200	400-800	1500	Triebe ohne Blätter	Saft schleimig
<i>Gazania rigens</i>			1900	Blätter	wenig Saft, besonders bei geringer Nährstoffversorgung

<i>Helianthus annuus</i>	100	400-600		Blattstiele aus oberem Pflanzenbereich	
<i>Helichrysum bracteatum</i>	200	1000	2000	Triebe ohne Blätter	
<i>Impatiens</i> Cv. <i>Neuguinea-Grp.</i>	100	500-800	1200	Triebe ohne Blätter	sehr dunkler Saft bei dunkellaubigen Sorten
<i>Impatiens walleriana</i>	80	200-400		Triebe ohne Blätter	etwas schleimig
<i>Lantana camara</i>	250	500-700	1000	Triebe ohne Blätter	
<i>Lobelia erinus</i>	200	500- 1000	1600	Triebe ohne Blätter	
<i>Nemesia</i> Cv.	200	600-1100	1700	Triebe ohne Blätter	
<i>Osteospermum ecklonis</i>	700	1000-1300	2000	Triebe ohne Blätter	wenig Saft
<i>Pelargonium</i> Cv. <i>Crispum-Grp.</i>	300	1000-1500	2000	Triebe ohne Blätter	
<i>Pelargonium</i> Cv. <i>Zonale-Grp.</i>	200	500-700	1000	Triebe ohne Blätter	
<i>Petunia</i> Cv.	200	400- 1000	1500	Triebe ohne Blätter	
<i>Phlox drummondii</i>	100	500-1000	1600	Triebe ohne Blätter	Saft schaumig, schleimig
<i>Primula vulgaris</i>	300	500-800	1000	Blätter	Saft sehr dunkel
<i>Sanvitalia procumbens</i>		1500	4000	Triebe ohne Blätter	wenig Saft
<i>Sutera diffusus</i>	300	600-700		Triebe ohne Blätter	wenig Saft
<i>Verbena</i> Cv.	200	600-1000	1800	Triebe ohne Blätter	wenig Saft

In der Tabelle 4 sind bei verschiedenen Balkonpflanzenarten Ergebnisse der Analyse des Presssaftes einer Bodenanalyse im Labor gegenübergestellt. Die jeweils linke Pflanze der Abbildung wurde nach dem Einwurzeln ohne weitere Düngung kultiviert. Die rechts stehenden Pflanzen erhielten kontinuierlich 0,05 % Bewässerungsdüngung. Dadurch konnten deutliche Unterschiede im Substrat und im Pflanzensaft erzeugt werden. Den Pflanzen war der Nährstoffmangel noch nicht anzusehen.

Tabelle 4: Vergleich von Nitratgehalten im Pflanzensaft zu den Nitratgehalten der Bodenanalyse bei einzelnen Balkonpflanzenarten

	Art	Düngung	NO ₃ -N Boden in mg/l	NO ₃ -N Pflanzensaft in mg/l
	<i>Fuchsia Cv.</i>	ohne Bewässerungs- düngung (linke Pflanze)	17	315
		Bewässerungsdüngung 0,05 % (rechte Pflanze)	150	1021
	<i>Nemesia Cv.</i>	ohne Bewässerungs- düngung (linke Pflanze)	17	205
		Bewässerungsdüngung 0,05 %(rechte Pflanze)	62	623
	<i>Petunia Cv</i>	ohne Bewässerungs- düngung (linke Pflanze)	97 (?)	581
		Bewässerungsdüngung 0,05 %(rechte Pflanze)	47	1595
	<i>Petunia Cv</i>	ohne Bewässerungs- düngung (linke Pflanze)	12	148
		Bewässerungsdüngung 0,05 %(rechte Pflanze)	18	524

Kosten- und Zeitaufwand:

Probenahmehandzange	315 €
Knoblauchpresse	10 €
Einweg-Pipetten (Pasteurpipetten 3 ml)	20 €/500 Stück
Nitratteststreifen, Reflektometer oder Nitratmessgerät siehe Tabelle 1	
(Vor- und Nachbereitung der Geräte und Materialien	10 min
Probe im Bestand sammeln	5 min
Pressen, Verdünnen und Bestimmen	5 min

Je nach Anzahl der Proben und dem Aufwand für das Sammeln der Pflanzenproben können sich die Aufwendungen verschieben. Bei einer Untersuchung von fünf verschiedenen Pflanzenpartien muss man mit einem Aufwand von insgesamt etwa einer Stunde rechnen. Bei Pflanzenarten, die sich schwer pressen lassen bzw. wenig Saft enthalten, kann sich der Zeitaufwand verdoppeln.

Zuverlässigkeit und Bemerkungen:

Die Anschaffung der relativ teuren Handpresszange ist im Zierpflanzenbau nicht von Vorteil. Im Getreideanbau wird der Pflanzensaft direkt in dem kleinen Sammelbehälter an der Zange auf dem Feld beprobt und so sind keine weiteren Geräte zur Nitratbestimmung notwendig. Durch die im Gegensatz zum Getreide hohen Nitratgehalte von Gewächshauskulturen muss die Probe verdünnt werden, so dass sowieso mehrere Arbeitsschritte erfolgen müssen. Hier kann man auch mit einer Knoblauchpresse sehr gut arbeiten.

Die Methode der Untersuchung des Pflanzenpresssaftes zur Beurteilung der Ernährungssituation kann nur bei solchen Pflanzenarten sinnvoll angewendet werden, die sich gut pressen lassen. Bisher liegen keine Richtwerte für den Nitratgehalt im Pflanzenpresssaft bei Zierpflanzen vor. Auch wenn durch die diesjährigen Versuche erste Anhaltspunkte für Nitratgehalte im Pflanzensaft gewonnen werden konnten, sind diese weiter zu prüfen und kritisch zu betrachten. Die gesammelten Werte in Tabelle 3 sind alle in der Anzuchtperiode von den genannten Pflanzenteilen bestimmt worden. Die Nitratgehalte in anderen Pflanzenteilen oder von voll entwickelten Pflanzen können sich von den genannten Werten deutlich unterscheiden. Die Werte in der Abbildung 22 machen die Unterschiede in der Verteilung innerhalb der Pflanze deutlich. Von fünf Pflanzen einer Probe wurden jeweils Blattstiele von jungen und alten *Cyclamen*blättern gepresst und als Mischprobe untersucht. Ein Ergebnis von 800 ml $\text{NO}_3\text{-N/l}$ Pflanzenpresssaft kann beispielsweise eine geringe Stickstoffversorgung bedeuten, wenn vorwiegend ältere Blattstiele gepresst wurden, aber genauso auch eine Überversorgung bei der Verwendung von jungen Blättern. Die genaue Definition der zu verwendenden Pflanzenteile ist entscheidend für die Interpretation des Messergebnisses.

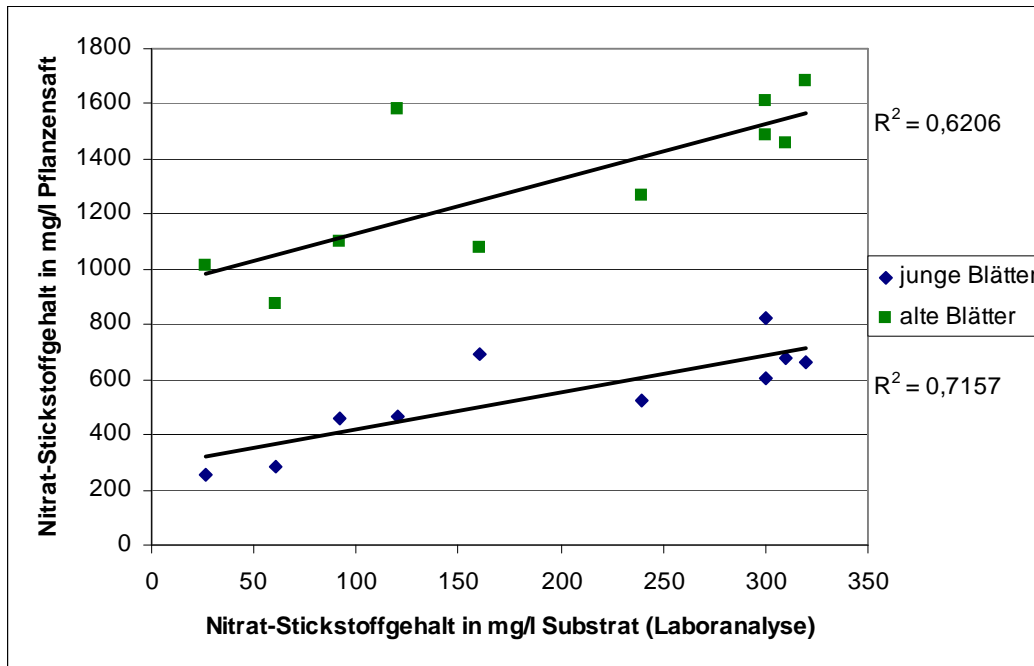


Abbildung 22: Unterschiedliche Nitratgehalte in Stielen von jungen und alten Cyclamenblättern bei unterschiedlicher Stickstoffversorgung im Substrat Ende September 2008 (Blühbeginn)

Ein weiterer Einflussfaktor ist der Zeitpunkt der Probenahme. Der Nitratgehalt in den Pflanzen schwankt im Jahres- und Tagesverlauf. Bei steigender Einstrahlung nimmt der Nitratgehalt ab. Bei den durchgeführten Untersuchungen wurde der Presssaft immer im Laufe des Vormittages gewonnen.

Ein wesentlicher Nachteil der Methode ist die Notwendigkeit der relativ hohen Verdünnung des Presssaftes. Hier besteht eine hohe Fehlerquelle; sauberes und sorgfältiges Arbeiten ist eine wesentliche Voraussetzung für sichere Ergebnisse.

In den folgenden Abbildung 23 und 24 sind einige Untersuchungsergebnisse in ihrer Streuung dargestellt, um einen Einblick zur Genauigkeit der Methode zu erhalten. Die Streuung der Messwerte ist recht hoch, trotzdem die Pflanzenproben immer von derselben Person gewonnen wurden. Eine Interpretation der Messergebnisse fällt schwer, da beispielsweise 400 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$ im Pflanzensaft von Zonalpelargonien einem N_{min} -Gehalt des Bodens von 30 bis 130 mg/l entsprechen könnten. Ähnliche Streuungen gab es bei den Herbstuntersuchungen von Cyclamen und Poinsettien. Etwa 600 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$ Pflanzensaft traten sowohl bei einer Substratversorgung von etwa 100 mg $\text{N}_{\text{min/l}}$ als auch bei 200 mg $\text{N}_{\text{min/l}}$ auf.

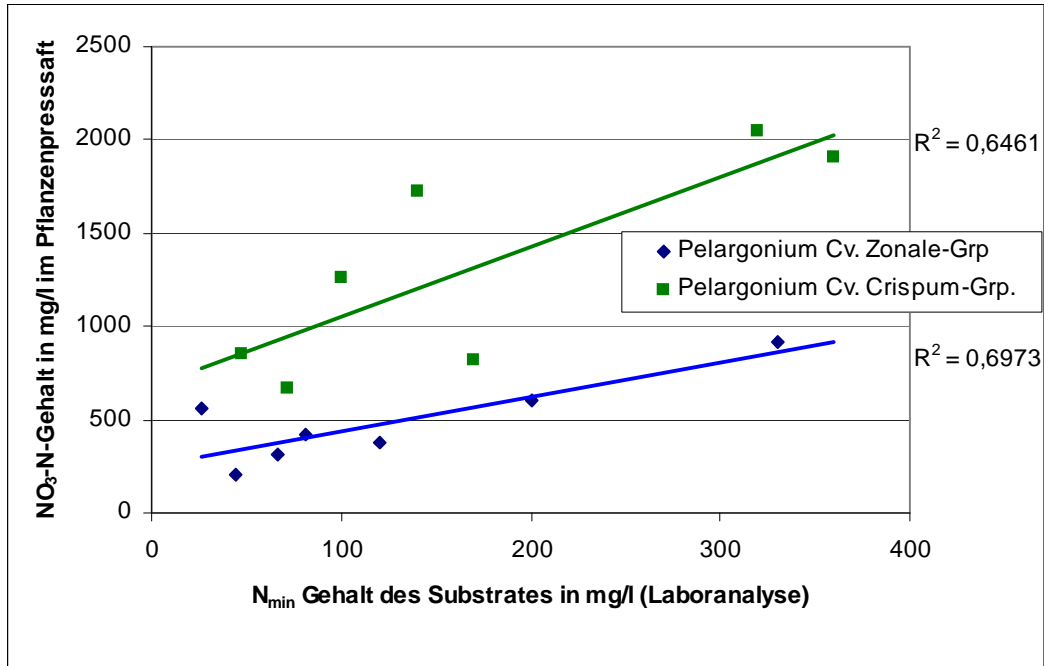


Abbildung 23: Zusammenhang von Nitratgehalt des Pflanzenpresssaftes und Nitratgehalt des Substrates bei Zonal- und Edelpelargonien im Frühjahr 2008

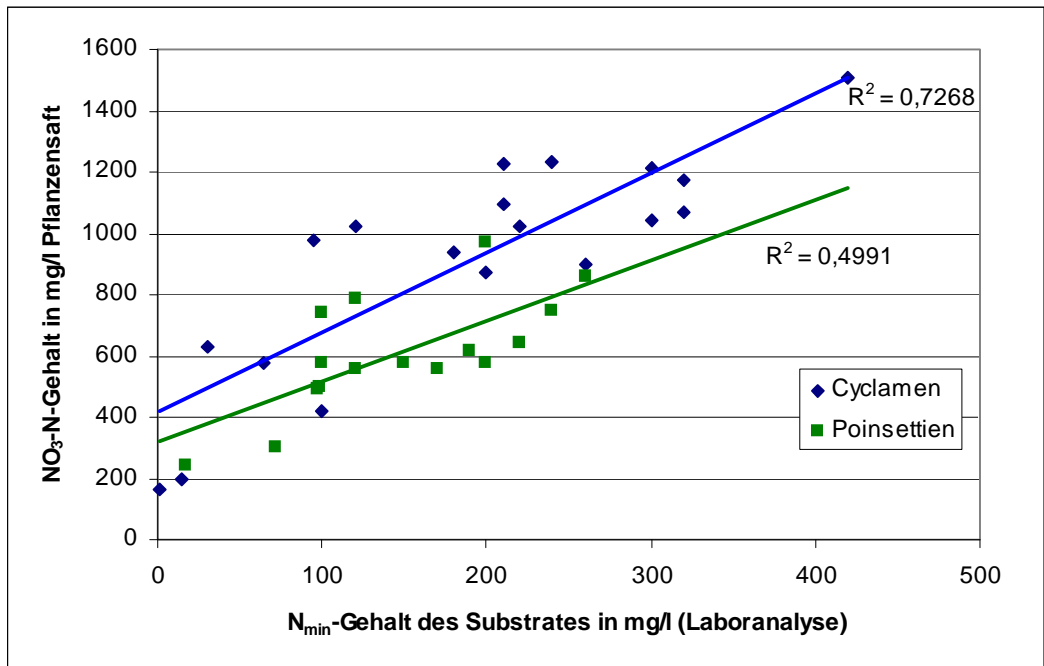


Abbildung 24: Zusammenhang von Nitratgehalt des Pflanzenpresssaftes und Stickstoffgehalt des Substrates bei Cyclamen und Poinsettien im Herbst 2008

Nach ersten Erfahrungen in Dresden-Pillnitz kann mit dem Pflanzenpresssaft schnell eine Aussage zur Tendenz in der Nitratversorgung der Pflanzen getroffen werden. Die Probenahme ist wesentlich einfacher als bei einer Substratprobe. Entscheidend für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist die genaue Definition der verwendeten Pflanzenteile. Da bisher aber nur wenige Erfahrungswerte vorliegen, sollten zunächst im Vergleich noch andere Schnelltests oder Laboranalysen zur Sicherheit herangezogen werden.

Nach dem jetzigen Erkenntnisstand wird man nur bei extrem hohen und sehr niedrigen Werten Düngungsmaßnahmen unmittelbar ableiten können. Ansonsten sind weitere Untersuchungen oder die Erarbeitung von betriebseigenen Richtwerten zu ganz konkreten Entwicklungsstadien zur Ernährungskontrolle notwendig.

4.2 Chlorophyllfluoreszenzmessungen



Abbildung 25: Messung der Chlorophyllfluoreszenz mit dem PPM-Messgerät der Firma EARS (Niederlande)

Messmethode:

Pflanzen senden in Abhängigkeit vom Umgebungslicht eine schwache Strahlung aus (Fluoreszenz) Mit einem Messgerät kann diese Fluoreszenz unter Umgebungslicht und bei Lichtsättigung durch eine eingebaute Halogenlampe gemessen werden. Aus diesen Messwerten wird der Photosyntheseertrag (yield) und die Photosyntheserate im Messgerät berechnet. Der Photosyntheseertrag ist ein Maß für den Energieanteil der einfallenden Strahlung, der zur Photosynthese genutzt wird. Er ist bei geringer Einstrahlung am größten. Um die absolute Energiemenge, die zur Photosynthese verwendet wird, zu ermitteln, wird die Photosyntheserate bestimmt. Diese steigt mit zunehmender Einstrahlung an. Aus diesen Werten können Rückschlüsse auf den Chlorophyllgehalt und den Ernährungszustand der Pflanzen erfolgen.

Durchführung:

Das Messgerät wird an die Blattfläche gehalten. Es erfolgt die Messung der Fluoreszenz unter Umgebungslicht und bei einer Lichtsättigung durch eine eingebaute Halogenlampe. Der Photosyntheseertrag und die Photosyntheserate werden im Messgerät berechnet.

Kosten- und Zeitaufwand:

PPM-Messgerät 3 600 €

Einzelmessung ca. 1 min, mehrere Wiederholungsmessungen notwendig

Zuverlässigkeit und Bemerkungen:

Da sehr viele Faktoren wie momentane Einstrahlung, Abhärtung, Wasserversorgung, Pflanzenart und -sorte einen Einfluss auf das Messergebnis haben, ist die Zuordnung des Messergebnisses auf die Nährstoffversorgung nicht möglich.

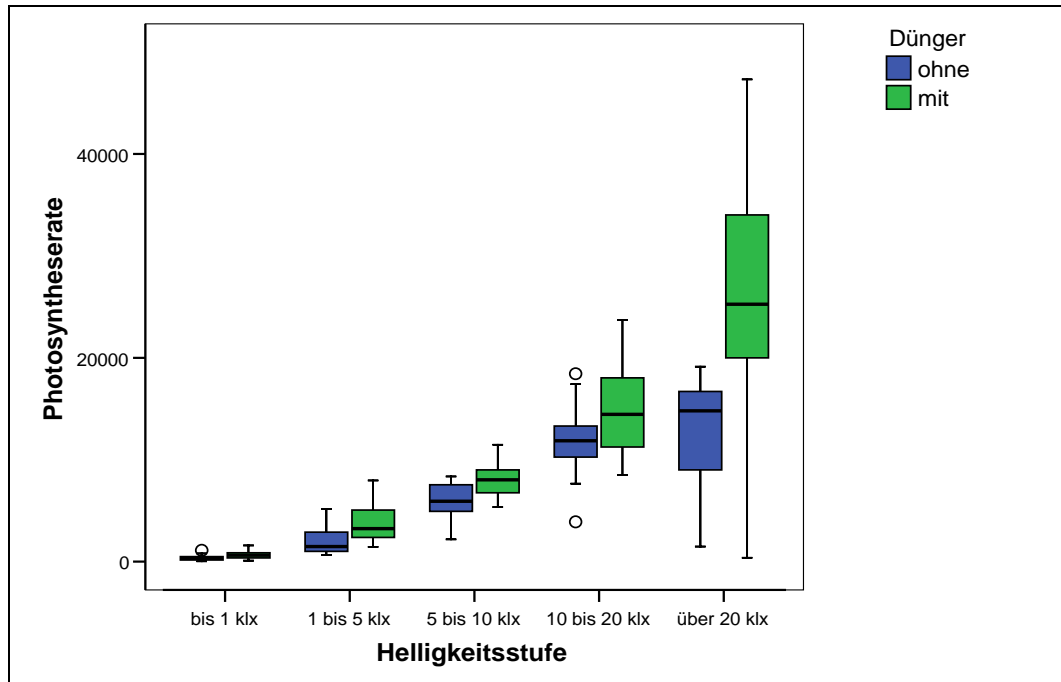


Abbildung 26: Boxplot zu Messungen der Photosyntheserate an ungedüngten und gedüngten *Hibiscus* bei unterschiedlicher Helligkeit

In der Abbildung 26 sind Werte von Messungen der Photosyntheserate an *Hibiscus* in zwei verschiedenen Düngerstufen dargestellt. Eine Parzelle wurde ohne Bewässerungsdüngung kultiviert, in der anderen erfolgte eine Bewässerungsdüngung mit 0,05 % MND. Den ungedüngten Pflanzen war der Nährstoffmangel anzusehen. Nur bei sehr hoher Einstrahlung war die Photosyntheserate in der ungedüngten Variante deutlich geringer, wobei die Streuung der Werte sehr groß ist. Die Methode ist zur Düngungsüberwachung nicht geeignet.

4.3 Nah-Infrarot-Reflektionsspektroskopie (NIRS) und Hydro-N-Tester

In der Landwirtschaft werden mit dem Ziel einer optimalen Düngung bei teilflächenspezifischer Bewirtschaftung der Produktionsflächen Chlorophyllmessungen durchgeführt. Für diese speziellen Aufgaben wurden verschiedene Messgeräte entwickelt und angepasst. Der Hydro-N-Tester oder auch der Hydro-N-Sensor der Firma Hydro-Agri messen die Reflektion von Pflanzenteilen oder Pflanzenbeständen und bestimmen damit den Chlorophyllgehalt der Pflanzen. Geräte, die über die Nah-Infrarot-Reflektionsspektroskopie den Chlorophyllgehalt bestimmen können, werden von verschiedenen Firmen angeboten.

Der Einsatz dieser Messmethoden im Zierpflanzenbau ist aber nicht sinnvoll. Die Geräte sind sehr teuer (Hydro-N-Tester 2 000 €, NIRS-Geräte ab 5 000 €) und für jede Pflanzenart und Sorte ist eine spezifische Kalibrierung notwendig. Bei der Vielfalt der Arten und Sorten ist deshalb ein Einsatz im Zierpflanzenbau nicht zu empfehlen.

5 Übersicht zu den getesteten Messgeräten

In der folgenden Tabelle sind die im Laufe des F/E-Projektes getesteten Messgeräte zusammengestellt. Die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Von anderen Firmen werden ebenfalls geeignete Messgeräte angeboten. Bei der Auswahl sollte man auf eine spezielle Eignung für den Gartenbau achten, da diese Geräte meist relativ robust und zuverlässig sind und in den Bedienungsanleitungen auf die Problematik des Gartenbaus eingegangen wird.

Tabelle 5: Übersicht zu den getesteten Messgeräten und Bezugsquellen

Messgerät	Messung	Hersteller/Bezugsquelle
pH MEGA Agrar 2000	pH-Messung	PRONOVA Produktbereich STELZNER www.stelzner.de
pH Teststäbchen	pH-Messung	Fa. Merck allgemeiner Laborbedarf
IQ 150 pH-Messgerät mit Edelstahlsonde	pH-Messung	PRONOVA Produktbereich STELZNER www.stelzner.de
PET 2000 Kombi	Aktivitätsmessung EC-Wert	PRONOVA Produktbereich STELZNER www.stelzner.de
LF 200	EC-Wert	PRONOVA Produktbereich STELZNER www.stelzner.de
Reflektometer Nitrachek 404	Nitratmessung	STEP Systems www.stepsystems.de

Merckoquandt®- Nitratmessstäbchen	Nitratmessung	Fa. Merck allgem. Laborbedarf
Reflektometer RQflex®	Nitratmessung	Fa. Merck allgem. Laborbedarf
Nitrat 2000 Messgerät mit ionenselektiver Nitratelektrode	Nitratmessung	PRONOVA Produktbereich STELZNER www.stelzner.de
PPM- Messgerät	Chlorophyllfluoreszenz	EARS, Niederlande www.ears.nl/ppm/
Saugkerzen	Gewinnung von Bodenwasser	PRONOVA Produktbereich STELZNER www.stelzner.de
PE-KT-Sonden	Aktivitätsmessung	PRONOVA Produktbereich STELZNER www.stelzner.de
Probenahme-Handzange	Pflanzenpresssaft	PRONOVA Produktbereich STELZNER www.stelzner.de

6 Zusammenfassung

Im Rahmen des F/E-Projektes wurden bekannte und neuere Schnelltestmethoden für die Zierpflanzenproduktion getestet und auf ihre Praxistauglichkeit und Zuverlässigkeit geprüft.

Die Untersuchungen von Gießwasser und Nährlösungen auf Leitfähigkeit, pH-Wert und Nitratgehalt sind sehr gut zu handhaben und liefern sichere Ergebnisse zur Düngesituation der Pflanzen. Sie können in allen Produktionsbetrieben unproblematisch zur Überprüfung der Düngung eingesetzt werden. Mit ihrer Hilfe kann man Fehler und Probleme bei der Nährstoffzufuhr schnell erkennen. Die Entscheidung, ob man mit Teststäbchen oder Messgeräten bei der Bestimmung von pH-Wert und Nitratgehalt arbeitet, sollte von der betrieblichen Situation abhängen. Bei häufigen Messungen empfiehlt sich die Anschaffung eines zuverlässigen Messgerätes, das dann aber auch sorgfältig gepflegt werden muss.

Die Untersuchung von Substraten ist aufwändiger und weniger sicher. Durch die verschiedenen Arbeitsschritte beim Sammeln der Probe, der Aufbereitung der Probe und der Herstellung der Bodenlösung ist der Aufwand höher und es gibt viele Fehlerquellen. Hier ist es für gesicherte Ergebnisse wichtig, sich eine betriebseigene Schrittfolge und Arbeitsanleitung zu erstellen und die ersten Untersuchungen mit Laboranalysen zu vergleichen. Wenn betriebseigene Erfahrungen und Schrittfolgen vorliegen, sind mit der Bestimmung von pH-Wert, Leitfähigkeit und Nitratgehalt in Bodenlösungen gute Einschätzungen der Situation in den Substraten möglich.

Direktmessungen des pH-Wertes im Substrat sind bei geeigneten Substraten und gepflegten pH-Sonden eine zuverlässige Methode und ersparen das Sammeln und die Aufbereitung der Bodenprobe.

Der Einsatz von Aktivitätsmessgeräten und PE-KT-Sonden liefert dagegen nur eine sehr grobe Einschätzung der Nährstoffversorgung. Die Aktivitätsmessung bietet bei gleichmäßiger Bodenfeuchte eine sehr einfache und schnelle Möglichkeit, eine Information über starken Nährstoffmangel oder -überschuss zu erhalten. Der Einsatz von Saugkerzen zur Gewinnung von Bodenwasser ist wegen der recht umständlichen Handhabung nicht zu empfehlen.

Die Gewinnung von Pflanzenpresssaft und dessen Untersuchung auf den Nitratgehalt ist für die Zierpflanzenproduktion ein neuer Ansatz. Da bisher wenige Untersuchungen vorliegen und die Nitratverteilung in der Pflanze sehr unterschiedlich sein kann, ist das Verfahren noch nicht praxisreif. Der Vorteil der Methode liegt bei der Feststellung der tatsächlich in der Pflanze vorhandenen Nährstoffe. Die Probenahme ist bei den meisten Pflanzenarten unkompliziert und einfacher zu realisieren als eine Bodenprobe. Mit den bisher gewonnenen Werten zum Nitratgehalt von Pflanzenpresssaft ist zumindest eine grobe Orientierung zur Nährstoffversorgung möglich. Hier sollten für die Hauptkulturen im Zierpflanzenbau noch weitere Untersuchungen zur Nitratverteilung in der Pflanze und zur Sicherheit von Richtwerten erfolgen.

Der Einsatz von Messgeräten zur Messung der Chlorophyllfluoreszenz, des Chlorophyllgehaltes oder Messungen mit Nah-Infrarot-Spektroskopie sind für den Zierpflanzenbau nicht geeignet, da bei diesen Methoden die Geräte sehr teuer sind und eine exakte Eichung, auch bezogen auf jede einzelne Sorte, notwendig ist. Durch die Sorten- und Artenvielfalt ist der Aufwand sehr hoch und steht in keinem Verhältnis zum Nutzen.

Jede Schnelltestmethode ist mit größtmöglicher Sorgfalt durchzuführen. Man sollte sich vorher mit dem Messgerät und der Methode vertraut machen und mögliche Fehlerquellen bewusst beachten. Wichtig ist es, betriebseigene Standards zu den Arbeitsabläufen und verwendeten Geräten zu entwickeln und Aufzeichnungen zu Messergebnissen zu führen. So können die Werte unterschiedlicher Produktionsjahre unproblematisch miteinander verglichen werden.

Die Durchführung von Schnelltests kann eine Laboranalyse des Substrates oder der Pflanzen nicht ersetzen, ist aber wesentlich besser als gar keine Untersuchung zur Nährstoffsituation. Mit regelmäßigen Untersuchungen zur Zusammensetzung der Nährlösung können Düngungsfehler vermieden und die Sicherheit der Produktion von hochwertigen Zierpflanzen erhöht werden.

7 Literaturverzeichnis

- ALBERT, ERHARD; ERNST, HARTMUT; FÖRSTER, FRANK; MÖNICKE, ROLF (2003): Merkblatt zur Anwendung des Nitrat-Schnelltests bei Wintergetreide und zum Einsatz von stabilisierten N-Düngern im Rahmen des Agrarumweltprogramms „Umweltgerechte Landwirtschaft im Freistaat Sachsen“ (UL), Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
- APPEL, THOMAS (2005): Anwendung eines Reflektometers zur Messung des Nitratgehaltes im Boden. Forschungsbericht Fachhochschule Bingen
- DALLMANN, MARGRET (2000): Aktivitätsmessung als Methode zur Kulturbegleitenden Ermittlung der Düngebedürftigkeit bei Balkonpflanzen. In VdtGb Zp 2000, Nr. 10
- DALLMANN, MARGRET (2000): Schnelltestmethoden zur Kontrolle von Substrat und Düngung im Zierpflanzenbau. Infodienst Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. Heft 2/2000
- DALLMANN, MARGRET (2008): Einsatz von PE-KT-Sensoren zur Ernährungskontrolle bei Topfkulturen. In VdtGb Zp 2008
- DALLMANN, MARGRET (2008): Einsatz von Saugkerzen zur Gewinnung von Bodenwasser bei verschiedenen Topfpflanzenkulturen. In VdtGb Zp 2008
- DOMKE, OTTO (2006): Bewässerungsdüngung EC-kontrolliert und -geregelt. KTBL-Arbeitsblatt Lfd.Nr.0719
- DOMKE, OTTO (2008): EC-Werttabelle. <http://www.lwk-nrw.de/gartenbau/beratung/pdf/ec-werte-duenger.pdf> vom 10.9.2008
- EVERS, GÜNTHER (1998): Dünglexikon für den Gartenbau. Thalacker Medien, Braunschweig
- GRANTZAU, ERICH; SCHÄFER, BIRGIT (1999): Schnelltest von Nährlösungen und Substraten im Betrieb. In DEGA 33 (1999), S.43-44
- GEBHARD, SABINE; DOMKE, OTTO (2006?): Schnelltestmethoden in der Kulturführung – Eine Anleitung für die Praxis. Landwirtschaftskammer Rheinland, Gartenbauzentrum Straelen
- HOFFMANN,GEORG (1991): VDLUFA-Methodenhandbuch, Band I: Die Untersuchung von Böden. 4. Auflage, 1. Teillieferung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- HOFFMANN,GEORG (1997): VDLUFA-Methodenhandbuch, Band I: Die Untersuchung von Böden. 4. Auflage, 2. Teillieferung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- HENDRIKS, LUDGER (1992): Schnelltestmethoden in der gartenbaulichen Praxis. In TASPO praxis Nr. 16: Düngen im Zierpflanzenbau, 2. Aufl. 1992, S.129-139
- LOHR, DIETER; BUCHER, ANETTE; KONNEMANN, HERRMANN (2008): Mineralstickstoff (Nmin) – Einfach und schnell bestimmen. Informationsdienst Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau Weihenstephan, Ausgabe Februar 2008
- LOHR, DIETER; NAST, DIETER; TILLMANN, PETER (2006): Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) zur Bestimmung des N-Gehaltes in frischen Zierpflanzenstecklingen grundsätzlich geeignet. In VdtGb Zp 2006, Nr. 1
- MERCK FIRMENINFORMATIONEN: AgroQuant 14602 Bodenlabor Stickstoff und pH (Kalkbedarf)
- OEHME,SUSAN. (2007): Nitratmessungen in gartenbaulichen Substraten. Diplomarbeit. Fachhochschule Bingen

- PRONOVA PRODUKTBEREICH STELZNER FIRMENINFORMATIONEN: Technisches Handbuch und Bedienungsanleitungen
- RÖBER, ROLF; SCHACHT, HENNING (Hrsg.) (2008): Pflanzenernährung im Gartenbau. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 2008
- STEP SYSTEMS FIRMENINFORMATIONEN: Bedienungsanweisung Nitrachek 404
- VDLUFA-INFORMATIONEN (2004) Bewertung von Schnelltestmethoden für Böden, Pflanzen, Substrate und Wasser. <http://vdlufa.de/intern/fgii/Schnelltestmethoden.pdf>
- VDLUFA-STANDPUNKT (2006) Pflanzenanalyse zur Diagnose des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen in Landwirtschaft, Gemüse- und Obstbau.
<http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/09-Pflanzenanalyse.pdf>
- WARTENBERG, STEPHAN (2008): Düngungsrichtlinie Zierpflanzenbau. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 20/2008
- WUSTMANN, GISELA; LATTAUSCHKE, GERALD (2001): Nitrat-Schnelltest in Bodenproben für den Gemüsebau. Informationen für Praxis und Beratung. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
- ZERCHE, SIEGFRIED, DRÜGE, UWE; KADNER, ROLAND (1996): Nitrat zeigt innere Qualität - Status und Bewurzung von Chrysanthemen-Stecklingen. In Gärtnerbörse 02/2001, S.16-19

Impressum

- Herausgeber:** Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Internet: <http://www.smul.sachsen.de/lfulg>
- Autor:** Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Abteilung Gartenbau
Margret Dallmann
Söbrigener Str. 3a
01326 Dresden
Telefon: 0351 2612-8204
Telefax: 0351 2612-8299
E-Mail: margret.dallmann@smul.sachsen.de
- Redaktion:** siehe Autor
- Endredaktion:** Öffentlichkeitsarbeit
Präsidialabteilung
- ISSN:** 1867-2868
- Redaktionsschluss:** Februar 2009

Für alle angegebenen E-Mail-Adressen gilt:

Kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.