



lebensministerium.at

RICHTLINIEN FÜR DIE SACHGERECHTE DÜNGUNG IM GARTEN- UND FELDGEMÜSEBAU

3. Auflage



Impressum:

Medieninhaber, Herausgeber:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,

Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, 1010 Wien



Im Auftrag des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz des BMLFUW
unter dem Vorsitz von Monika Stangl



Leiter der Arbeitsgruppe und Redaktion: Andreas Baumgarten

Unter der Mitarbeit von:

Andreas Achleitner, Mario Almesberger, Klaus Eschlböck, Johann Greimel, Stefan Hamedinger,
Gregor Hoffmann, Wolfgang Hofmair, Josef Keferböck, Hans Gerd Kovats, Johannes Mayer,
Fred Unmann, Josef Weber, Klaus Zambra



Dieses Projekt wurde gefördert aus Mitteln des Bundes, der Länder und der EU (EAGFL)



Bildnachweis:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH
Landwirtschaftskammern Oberösterreich und Tirol
Verein Eferdinger GemüseLust



Grafische Gestaltung: Doris Seyser

ULTRAMARIN Agentur für Markenentwicklung, Design und Marktkommunikation
Linke Wienzeile 46/10, 1060 Wien, www.ultramarin-design.at

Druck: AV+Astoria Druckzentrum

3. Auflage, Wien, 2008

VORWORT



*Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft
Josef Pröll*

Die heimische Produktion im Garten- und Feldgemüsebau ist ein Garant für die Versorgung mit qualitativ hochwertigen Nahrungsmitteln. Die Vielfalt an Kulturen und Produktionsweisen erfordert hohes Expertenwissen um nicht nur die Qualität der Produkte sondern auch die Nachhaltigkeit der Produktionsverfahren sicherzustellen. Dies trifft insbesondere auf die Nährstoffversorgung zu, da etwa im Vergleich zu Kulturen des Ackerbaus ein deutlich höherer Nährstoffbedarf besteht.

Die vorliegende Broschüre bietet einen Leitfaden für die bedarfsgerechte Düngung, in dem sowohl die praktische Erfahrung der Produzenten als auch die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse berücksichtigt wurden. Die Anwendung dieser Richtlinie, die sowohl für den Einsatz im Unterricht als auch in der Produktionspraxis konzipiert ist, bietet eine der Voraussetzungen für eine nachhaltige und umweltschonende Produktion von hochwertigem Gemüse.

Wien, im Mai 2008

EINLEITUNG

In der Gemüseproduktion werden in relativ kurzen Zeitspannen große Mengen an Pflanzenmasse produziert. Eine ausreichende Versorgung mit Nährstoffen ist daher eine unbedingte Voraussetzung sowohl zur Erzielung von entsprechenden Erntemengen als auch zur Sicherstellung der Qualität der Ernteprodukte. Aufgrund der großen Menge an umgesetzten Nährstoffen muss der Düngeplanung ein besonderes Augenmerk geschenkt werden, um einerseits Qualitätseinbußen bei den Produkten, andererseits aber auch mögliche Beeinträchtigungen der Umwelt zu vermeiden. Dies betrifft insbesondere die Düngung mit Stickstoff, auf die im Folgenden sehr detailliert eingegangen wird. Aber auch für die adäquate Versorgung mit den übrigen Hauptnährstoffen werden entsprechende Richtlinien vorgegeben.

Als wesentliches Steuerungsinstrument für die Düngeplanung ist die Untersuchung des Bodens ein zentrales Element der vorliegenden Broschüre. Während für die Abschätzung der Versorgung mit Phosphor, Kalium und Magnesium aber auch des Nachlieferungspotentials für Stickstoff Untersuchungsintervalle von etwa 4 Jahren ausreichen, ist im Bereich der Analyse von leicht verfügbarem mineralischem Stickstoff (N_{min}) eine Untersuchung vor oder auch während der Kultur empfehlenswert.

In der vorliegenden Richtlinie sind wesentliche Grundlagen für eine optimierte Nährstoffversorgung von Gemüsekulturen im österreichischen Produktionsgebiet zusammengefasst. Die Ansprüche der wichtigsten Kulturen sind in individuellen Kulturdatenblättern zusammengestellt, die die Basis für die Ermittlung eines qualitäts- und umweltorientierten Düngeplans darstellen.

INHALTSVERZEICHNIS

1 VERSORGUNG MIT STICKSTOFF	6	6 HANDELSÜBLICHE MINERALDÜNGER IM GARTEN- UND FELDGEMÜSEBAU	45
1.1 ALLGEMEINES	6	6.1 STICKSTOFFDÜNGER	45
1.2 STICKSTOFFDÜNGUNG	9	6.2 PHOSPHATDÜNGER	48
1.2.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen betreffend Stickstoffdüngung	9	6.3 KALIUMDÜNGER	49
1.2.2 Düngung auf der Basis von Richtwerten	11	6.4 MAGNESIUMDÜNGER	50
1.2.3 Düngung unter Berücksichtigung des Nachlieferungsvermögens	14	6.5 MEHRNÄHRSTOFFDÜNGER	51
1.2.4 Düngung auf Basis des KNS - Systems	16	6.6 KALKE	51
2 VERSORGUNG MIT PHOSPHOR, KALIUM UND MAGNESIUM	22	6.7 SPURENELEMENTDÜNGER	52
3 BODENANALYSEN UND INTERPRETATION DER ERGEBNISSE	25	7 WIRTSCHAFTSDÜNGER	56
3.1 BODENPROBENNAHME	25	BERATUNGSSTELLEN	59
3.1.1 Auswahl der Fläche	25		
3.1.2 Zeitpunkt der Probennahme	25		
3.1.3 Entnahmetiefe	25		
3.1.4 Durchführung	26		
3.1.5 Lagerung und Transport	26		
3.2 METHODEN ZUR BODENUNTERSUCHUNG	27		
3.2.1 Empfohlene Untersuchungsparameter	27		
3.2.2 Standorteigenschaften	28		
3.2.3 Klassifizierung der Standort- und Bodendauereigenschaften	28		
3.2.4 Verfügbare Nährstoffe	31		
4 ERMITTLUNG DES DÜNGEBEDARFS	37		
4.1 BERECHNUNG DES STICKSTOFFDÜNGEBEDARFS	37		
4.2 KNS – SYSTEM	37		
4.3 BERECHNUNG DES DÜNGEBEDARFS FÜR P, K UND MG	39		
4.4 ERTRAG UND NÄHRSTOFFBEDARF	40		
5 DÜNGUNG IM GESCHÜTZTEN ANBAU MITTELS TRÖPFCHENBEWÄSSERUNG	42		
5.1 BODENANALYSEN IM GESCHÜTZTEN ANBAU	42		
5.2 DÜNGERDOSIERUNG	42		
5.3 DÜNGUNG MIT TRÖPFCHENBEWÄSSERUNG	42		
5.4 VERWENDUNG VON REGENWASSER	43		
5.5 NÄHRSTOFFE	43		

VERSORGUNG MIT STICKSTOFF

1.1 ALLGEMEINES

Stickstoff in der Pflanze

Pflanzen benötigen Stickstoff großteils zum Aufbau von Eiweiß (durchschnittlicher Stickstoffgehalt von pflanzlichem Eiweiß: 6,25 %). Es existieren allerdings auch eine Reihe weiterer wichtiger stickstoffhaltiger Inhaltsstoffe, wie z.B. das Chlorophyll (= Blattgrün), eine Vielzahl von Geschmacks-, Geruchs- und Farbstoffen und auch die Erbsubstanz. Für den Ertrag und die Qualität ist daher die Versorgung der Pflanze mit Stickstoff von großer Bedeutung.

Der Stickstoff wird von den Pflanzen überwiegend als Nitrat-Ion, zu einem geringen Teil als Ammonium-Ion über die Wurzeln aufgenommen. Das aufgenommene Nitrat muss für die Weiterverarbeitung im pflanzlichen Stoffwechsel umgewandelt werden. Im Stickstoffstoffwechsel bewirkt eine Reihe von Enzymen die weitere Umsetzung des reduzierten Nitrats zu Amiden, Aminosäuren und schließlich zu größeren Eiweißmolekülen.

Nitrat → Aminosäuren, Amide, Amine → Proteine (Eiweiß)

Wovon ist der Nitratgehalt in der Pflanze abhängig?

Für den Nitratgehalt im Gemüse ist das Zusammenwirken vieler verschiedener Faktoren verantwortlich.

• Hohe Stickstoffdüngung

Durch steigende Stickstoffdüngung nimmt der Gehalt an Nitrat im Erntegut zu. Die Pflanze unterscheidet dabei nicht, ob der Stickstoff aus Mineraldüngern oder aus dem Abbau organischer Substanzen bereitgestellt wird. Erhöhte Nitratwerte in Gemüse können daher auch das Resultat einer Überversorgung mit organischen Düngern sein.

• Licht- und Temperaturverhältnisse

Mangelnde Lichtintensität oder niedrigere Temperaturen führen zu verringerten Umsatzraten von Nitrat und damit zu einer Nitratanreicherung in der Pflanze. Da die Pflanze Nitrat auch während der Nacht aufnimmt, aber aufgrund der fehlenden Photosyntheseleistung nur schlecht verarbeiten kann, ist am Morgen der Nitratgehalt in den Pflanzen erhöht. Dieser „Nitratüberschuss“ ist erst gegen Mittag wieder abgebaut. Bei trüber Witterung bleibt dieser unverarbeitete Nährstoffvorrat über die lichtarme Zeit erhalten und kann sich bei starker Transpiration der Pflanze sogar erhöhen. Je weniger Licht der Pflanze zur Verfügung steht, desto leichter wird Nitrat angereichert.

• Entwicklungsstadium der Pflanze

Der Nitratgehalt ist auch vom Entwicklungsstadium der Pflanze abhängig. Während des vegetativen Massenwachstums wird viel mehr an Nitrat aufgenommen als zum Zeitpunkt der physiologischen Pflanzenreife. Daher weist Gemüse, welches vor seiner physiologischen Reife geerntet wird (z.B. Salat, Spinat), immer höhere Nitratwerte auf.

TABELLE 1: Nitratgehalte einiger Gemüse (nach Venter)

Gemüseart	Bereich des Nitratgehaltes in mg/kg
Salate	380 - 3520
Chinakohl	430 - 3520
Spinat	345 - 3890
Karotten	90 - 800
Sellerie	160 - 350
Kohlrabi	200 - 1700
Paradeiser	10 - 100
Paprika	80 - 180
Gurke	20 - 300

Sortenmerkmal

Der Nitratgehalt von Gemüse ist ein Sortenmerkmal, das in der Züchtung zunehmend an Bedeutung gewinnt. Besonders bei Kopfsalaten ist durch geeignete Sortenwahl eine Reduktion der Nitratkonzentration zu erzielen.

Nitrat wird ebenso wie alle anderen Nährstoffionen in den Gefäßen der Pflanzen transportiert. Dies bedeutet, dass Nitrat ständig in der Pflanze vorhanden ist. In Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren (z.B. Nährstoffversorgung, Nährstoffwechselwirkungen, Entwicklungszustand, Gemüseart, Gemüsesorte, Temperatur, Lichtangebot) ist die Nitratkonzentration aber starken Schwankungen unterworfen.

Nitrat und Ernährung



Besonders aktuell ist die Nitratfrage bei Salat

Nitrat

Die Nitrataufnahme des Menschen erfolgt im Wesentlichen über das Gemüse (ca. 70 %), untergeordnet durch Trinkwasser (ca. 20 %), Fleisch und Wurstwaren (ca. 6 %). Zum überwiegenden Teil wird es über die Niere wieder ausgeschieden. Der Rest gelangt in den Speichel und kann dort zu Nitrit umgewandelt werden.

Nitrat ist an sich für den erwachsenen Menschen ein harmloser Stoff und nicht gesundheitsschädlich.

Nitrit

Nitrit ist ein Umbauprodukt des Nitrats und gilt als gesundheitsschädlich. Es entsteht z. B. bei der Alterung von Gemüse durch nitritbildende Bakterienstämme. Auch bei mehrmaligem Aufwärmen von Gemüsegerichten steigen die Nitritwerte an. Im Mund und Magen des Menschen wird Nitrat ebenfalls zu Nitrit umgebaut. Nitrit reagiert im sauren Milieu des Magens mit Eiweißabbauprodukten zu Nitrosaminen, denen krebserregende Wirkung zugeschrieben wird.

Aufgrund der besonderen Blutzusammensetzung von Kleinkindern (bis zum ca. 5. Lebensmonat) bewirkt Nitrit eine Sauerstofffestlegung in den roten Blutkörperchen, die nicht rückgängig gemacht werden kann. Dadurch kann es zu einer Sauerstoffunterversorgung der Organe von Säuglingen kommen. Mögliche Symptome sind Atemnot und Erstickungsanfälle bei hohen Nitritkonzentrationen.

Frisches Gemüse ist weitgehend frei von Nitrit!

Obwohl Menschen, die viel Gemüse essen, einer hohen Nitratbelastung ausgesetzt sind, ist das gesundheitliche Risiko nur sehr gering. Dies bestätigt eine ernährungswissenschaftliche Studie der „London School of Tropical Medicine“, die nachweist, dass das Krebsrisiko von Vegetariern sehr gering ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Nitrataufnahme im Zusammenspiel mit den gleichzeitig im Gemüse vorkommenden Vitamin C (Ascorbinsäure), Vitamin E (Tocopherol) und Beta-Carotin zu sehen ist, die der Nitrosaminbildung entgegenwirken.

Neuere Studien der Universität Aberdeen, Schottland weisen darauf hin, dass Nitrat im Körper in infektiionshemmende Stickstoffverbindungen, welche die Nitrosaminbildung unterdrücken, umgewandelt werden kann. Ebenso sollen diese Stickstoffverbindungen die antimikrobielle Wirkung der Magensäure erhöhen, wodurch die Abwehr von Krankheitserregern wie Salmonellen verstärkt wird.

Höchstgrenzen für die Aufnahme von Nitrat und Nitrit durch den Menschen

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat so genannte ADI - Werte (acceptable daily intake - zulässige tägliche Höchstmenge, die bei lebenslanger Einnahme zu keiner Schädigung führt) für die menschliche Aufnahme von Nitrat und Nitrit festgelegt:

Natriumnitrat: 5,0 mg/kg Körpergewicht (entspricht 3,65 mg NO₃)
Natriumnitrit: 0,2 mg/kg Körpergewicht (entspricht 0,14 mg NO₂)

Ein Mensch mit 70 kg dürfte demnach über seine Nahrung täglich 51 mg Nitrat und 9,8 mg Nitrit aufnehmen, ohne gesundheitliche Schäden befürchten zu müssen.

Höchstwerte im Gemüse

Österreich hat, wie auch einige andere europäische Länder, Höchstwerte für Nitrat im Gemüse erlassen, die nicht überschritten werden dürfen. In Österreich wurden bislang von der Kommission zur Herausgabe des österreichischen Lebensmittelbuches (Codexkommission) für 15 Gemüsearten Grenzwerte und für 4 Gemüsearten Richtwerte beschlossen und vom Gesundheitsministerium erlassen. Für Produkte aus biologischem Anbau gelten ausnahmslos die gleichen Werte.

Sobald Gemüse in Österreich in den Handel gelangt, sind die in Österreich geltenden Grenz- und Richtwerte einzuhalten. Es ist dabei unwesentlich, ob die Produkte in Österreich oder in einem anderen Land erzeugt wurden. Diese Werte sind in der EU – Verordnung 864/99/EG und im österreichischen Lebensmittelhandbuch geregelt.

1.2 STICKSTOFFDÜNGUNG

1.2.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen betreffend Stickstoffdüngung

Die Angaben beziehen sich auf den Stand per 1.12.2007, allfällige Änderungen der Bestimmungen sind zu beachten.

Im Rahmen der Düngung im Gemüsebau sind vor allem die Bestimmungen im Wasserrechtsgesetz 1959 inkl. Novellen und das Aktionsprogramm 2003 inkl. der Novelle 2006 zu beachten. Diese Bestimmungen regeln unter anderem die Anwendung von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen.

Ziel dieser Bestimmungen ist es den Eintrag von Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen in Gewässer (Oberflächen- und Grundwässer) zu verringern bzw. zu vermeiden. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden für folgende Punkte Bestimmungen festgelegt:

- Zeiträume in denen keine Stickstoffdüngung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen durchgeführt werden darf
- Bestimmungen zur Ausbringung von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf wassergesättigten, überschwemmten, gefrorenen oder schneebedeckten Böden
- Bestimmungen zur Gesamtbegrenzung für das Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen unter Anrechnung des Stickstoffes aus Wirtschaftsdüngern
- Verfahren für das Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen
- Stickstoffdüngung entlang von Wasserläufen
- Bestimmungen zur Ausbringung von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf stark geneigten landwirtschaftlichen Nutzflächen

Zeiträume, in denen keine Stickstoffdüngung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen durchgeführt werden darf

Die Ausbringung von stickstoffhaltigen Düngemitteln ist in gewissen Zeiträumen generell nicht zulässig, wobei die Dauer abhängig ist von der Art des Düngemittels.

Stickstoffhaltige Handelsdünger, Klärschlamm, Gülle und Jauche dürfen auf Flächen ohne Gründeckung in der Zeit vom 15. Oktober bis zum 15. Februar des Folgejahres nicht ausgebracht werden. Auf Flächen mit einer Gründeckung beginnt das Ausbringungsverbot für diese Dünger am 15. November und endet ebenfalls am 15. Februar des Folgejahres. Vom 1. Oktober bis zum Beginn des jeweiligen Ausbringungsverbotes dürfen max. 60 kg Stickstoff/ha ausgebracht werden.

Stallmist, Kompost, entwässerter Klärschlamm und Klärschlammkompost dürfen in der Zeit vom 30. November bis zum 15. Februar des Folgejahres nicht ausgebracht werden.

Bei Feldgemüse unter Vlies oder Folie endet das zeitliche Ausbringungsverbot nicht erst am 15. Februar, sondern bereits am 1. Februar.

Bestimmungen zur Ausbringung von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf wassergesättigten, überschwemmten, gefrorenen oder schneebedeckten Böden

Auf Böden die wassergesättigt, überschwemmt, gefroren oder schneebedeckt sind dürfen keine stickstoffhaltigen Düngemittel ausgebracht werden. Als durchgefroren gelten Böden, die auch über den Tag nicht auftauen bzw. nicht nur am Morgen leicht oberflächlich gefroren sind. Schneebedeckt sind Böden, die eine geschlossene Schneedecke mit einer Mächtigkeit von mehr als 5 cm aufweisen.

Bestimmungen zur Gesamtbegrenzung für das Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen unter Anrechnung des Stickstoffes aus Wirtschaftsdüngern

Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen ohne Gründeckung – ausgenommen Gartenbauflächen – dürfen im Jahr nicht mehr als 175 kg N/ha ausgebracht werden.

Auf landwirtschaftlichen Flächen mit Gründdeckung oder Stickstoff zehrender Fruchtfolge – ausgenommen Gartenbauflächen - sowie auf Dauergrünlandflächen dürfen max. 210 kg N/ha und Jahr ausgebracht werden. Bei diesen Grenzwerten sind alle Düngemittel und zur Düngung ausgebrachte Stoffe zu berücksichtigen. Entsprechend eines Schreibens vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft vom 17. Juni 1993 sind Feldgemüseflächen dem Gartenbau gleichgestellt und dürfen auch über die oben angeführten Grenzwerte (175 kg N/ha und Jahr bzw. 210 kg N/ha und Jahr) hinaus gedüngt werden.

Von den oben beschriebenen Düngehöchstmengen dürfen in Form von Wirtschaftsdüngern nicht mehr als 170 kg Stickstoff nach Abzug der Stall- und Lagerverluste/ha landwirtschaftliche Nutzfläche und Jahr, ausgebracht werden. Diese Begrenzung gilt auch für Garten – und Feldgemüsebauflächen.

Verfahren für das Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen
Die Düngung mit Stickstoff soll zu den jeweiligen Kulturen zeitgerecht und bedarfsgerecht erfolgen. Es sind daher Düngegaben von mehr als 100 kg Stickstoff je Hektar zu teilen, ausgenommen bei einem Tongehalt von mehr als 15 %.

Stickstoffdüngung entlang von Wasserläufen
Eine Düngung von landwirtschaftlichen Nutzflächen entlang von Oberflächengewässern hat so zu erfolgen, dass es zu keinem direkten Düngereintrag kommt. Darüber hinaus darf es zu keinem merklichen Eintrag durch Düngerabschwemmung in das Gewässer kommen.

Es sind daher folgende Abstände zu Gewässern festgelegt worden, innerhalb derer die angeführten Kriterien zu berücksichtigen sind.

- *Stehende Gewässer, Seen mindestens 20 m*
- *Sonstige stehende Gewässer mit einer Größe unter einem Hektar mindestens 10 m*
- *zu fließenden Gewässern mindestens 10 Meter, sofern die Fläche eine Neigung zum Gewässer von mehr als 10 % hat mindestens 5 Meter, sofern die Fläche eine Neigung zum Gewässer von weniger als 10 % hat*

Bestimmungen zur Ausbringung von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf stark geneigten landwirtschaftlichen Nutzflächen
Stickstoffhaltige Düngemittel und Klärschlamm dürfen auf landwirtschaftlichen Flächen nur unter gewissen Voraussetzungen ausgebracht werden, wenn die Gefahr der Abschwemmung in Oberflächengewässer besteht. Die Abschwemmungsgefahr ist vor allem bei der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern auf Flächen mit einer Hangneigung gegeben. Auf solchen Flächen sind unbedingt Maßnahmen zur Eindämmung der Abschwemmungsgefahr zu treffen.

Die Ausbringung von mehr als 100 kg Stickstoff/ha soll in Teilgaben vorgenommen werden. Vor dem Anbau dürfen maximal 100 kg Stickstoff/ha ausgebracht werden, wobei diese einzuarbeiten sind. Beim Anbau von Kulturen mit einer langsamen Frühjahrsentwicklung sind zu den oben angeführten Punkten noch folgende Bestimmungen zu beachten, wobei bei Hangneigungen über 10 % zumindest eine der angeführten Maßnahmen umgesetzt werden muss:

- *Der Hang soll durch Querstreifeneinsaat, Quergräben mit Boden deckendem Bewuchs oder sonstigen gleichwertigen Maßnahmen so untergliedert werden, dass ein Abschwämmen der Düngers vermieden wird, oder*
- *Zwischen dem Gewässer und der zu düngenden Ackerfläche hat ein mindestens 20 Meter breiter gut bestockter Streifen vorhanden zu sein, oder*
- *Der Anbau erfolgt quer zum Hang oder mit anderen abschwemmungshemmenden Anbauverfahren (z.B. Schlitzsaat), oder*
- *Die Flächen sind über den Winter bestockt zu halten.*

1.2.2 Düngung auf der Basis von Richtwerten

Im Folgenden sind drei mögliche Verfahren zur Bemessung der Stickstoffdüngung angeführt. Für die Bemessung auf der Basis von Richtwerten sind zwar keine zusätzlichen Untersuchungen erforderlich, allerdings ist damit auch die Präzision der Empfehlung entsprechend geringer. Sowohl die Einbeziehung des Nachlieferungsvermögens (siehe 1.2.3) als auch des aktuellen Gehaltes an verfügbarem Stickstoffs (siehe 1.2.4) verbessern die Genauigkeit und verringern damit das Risiko eines Stickstoffverlustes.

Die Bemessung der Stickstoffdüngung geht grundsätzlich vom Bedarf der Kulturen aus, der sich weitgehend am Entzug orientiert. Dabei sind einerseits die Rahmenbedingungen des Anbaus (Saat/Pflanzung, Zeitpunkt, Kulturdauer) und andererseits Sortenunterschiede zu berücksichtigen. Sofern der Ertrag innerhalb einer festgelegten Ertragsspanne liegt, können sich die Richtwerte für die Stickstoffdüngung am Bedarf orientieren. In Tabelle 2 sind die Ertragsspannen für einen mittleren Ertragsbereich und die jeweiligen Richtwerte zusammengefasst. Aufgrund der relativ kurzen Vegetationsdauer und der hohen Produktivität von Gemüsekulturen ist es zumeist erforderlich, einen über den tatsächlichen Bedarf gehenden N – Vorrat (Mindestvorrat) im Boden zur Verfügung zu stellen. Dieser kann während der Kulturdauer variieren (siehe Anhang), die jeweils zu Kulturende anzustrebenden Werte sind in Tabelle 2 angeführt.

Bei Unterschreiten der angegebenen Ertragsspanne ist der Bedarf um 20 % zu reduzieren, bei einer Überschreitung kann er um bis zu 25 % erhöht werden. Grundsätzlich ist die Teilung von Stickstoffgaben über 100 kg/ha in schnell wirkender Form empfehlenswert. Praxisübliche Düngungstermine sind in den Kulturdatenblättern im Anhang angeführt.

TABELLE 2: Ertragsspannen und Richtwerte für die N – Düngung

Kultur	Ertragsbereich (kg/ha)		N-Bedarf	Mindestvorrat zu Kulturende
	von	bis	kg/ha	kg/ha
Artischocke	12000	20000	90	40
Brokkoli (12 Wochen)	15000	20000	200	40
Brokkoli (9 Wochen)	15000	20000	200	40
Buschbohne (gepflückt)	14000	18000	140	40
Buschbohnen (gedroschen)	8000	12000	70	40
Chicoree	20000	45000	155	40
Chinakohl (10 Wochen, gesät)	50000	70000	200	40
Chinakohl (12 Wochen, gesät)	50000	70000	200	40
Chinakohl (8 Wochen, gepflanzt)	50000	70000	200	40
Dill	17000	22000	90	40
Eichblattsalat (7 Wochen)	25000	35000	100	40
Eichblattsalat (Glas, 10 Wochen)	25000	35000	100	40
Eichblattsalat (Vlies, 1. Satz)	25000	35000	100	60
Einlegegurke (Tröpfchenbewässerung)	45000	55000	180	40
Einlegegurke (>600mm NS)	40000	50000	180	40
Eissalat	30000	35000	115	40
Eissalat (8 Wochen)	30000	35000	115	40
Eissalat (Vlies, 1. Satz)	30000	35000	115	60
Endivie (10 Wochen)	30000	40000	150	40
Erbse	4000	6000	70	40
Grünkohl	25000	35000	210	40

Kultur	Ertragsbereich (kg/ha)		N-Bedarf	Mindestvorrat zu Kulturende
	von	bis	kg/ha	kg/ha
Grünsoja	3500	5000	70	40
Salatgurke (Freiland)	45000	60000	180	40
Salatgurke (ungeheizt, Kurzkultur)	130000	160000	255	40
Karfiol	20000	30000	200	60
Karotte (Bund)	45000	55000	110	40
Karotte (Bund, Vlies)	45000	55000	110	40
Karotte (Lager)	65000	80000	150	40
Karotte (Industrie)	70000	85000	170	40
Knoblauch (Frühjahr)	4000	5000	75	20
Knoblauch (Herbst)	5000	9000	90	20
Knollenfenchel (Herbst)	25000	30000	150	40
Knollenfenchel (Sommer)	25000	30000	150	40
Knollenfenchel (Vlies)	25000	30000	150	40
Kochsalat	45000	55000	160	40
Kohl (Herbst)	40000	50000	250	40
Kohl (Vlies, Sommer)	40000	50000	200	40
Kohlrabi (Glas, Herbst)	35000	40000	160	60
Kohlrabi	25000	35000	160	40
Kohlrabi (Vlies)	25000	35000	150	60
Kohlrabi (Industrie)	50000	70000	210	40
Kopfsalat (6 Wochen)	30000	40000	100	40
Kopfsalat (Glas, 9 Wochen)	30000	40000	100	40
Kopfsalat (Vlies, 1. Satz)	25000	35000	100	60
Kraut (früh, Vlies)	25000	35000	200	60
Kraut (Herbst)	65000	75000	250	40
Kraut (Industrie, früh)	75000	85000	320	40
Kraut (Industrie, spät)	90000	110000	340	40
Kraut (Lager)	65000	75000	265	40
Kraut (Sommer)	45000	55000	200	60
Kren	8000	10000	200	40
Ölkürbis	400	700	80	40
Speisekürbis	20000	45000	185	50
Lollo (6 Wochen)	25000	30000	100	40
Lollo (Glas, 9 Wochen)	25000	30000	100	40
Lollo (Vlies, 1. Satz)	20000	25000	100	60
Mangold - Blatt	15000	20000	140	40
Mangold - Stiel	15000	20000	140	40
Melone	15000	25000	145	40
Melanzani, Aubergine, Freiland	30000	50000	190	40
Melanzani, Aubergine, geschützt	80000	100000	200	50
Paprika (Kurzkultur)	40000	60000	250	40

Kultur	Ertragsbereich (kg/ha)		N-Bedarf	Mindestvorrat zu Kulturende
	von	bis	kg/ha	kg/ha
Paprika	40000	60000	250	40
Pastinake	40000	50000	130	40
Petersilie (Schnitt)	25000	35000	130	40
Petersilie (Wurzel)	25000	35000	130	40
Porree (Herbst, Winter)	35000	45000	160	60
Porree (früh, Folie)	30000	40000	160	60
Porree (Hybrid)	30000	45000	190	60
Radicchio	25000	35000	100	40
Radieschen (Frühjahr/Herbst)	15000	20000	80	40
Radieschen (Sommer)	15000	20000	80	40
Radieschen (Frühjahr)	15000	25000	80	40
Rettich, schwarz	25000	35000	120	40
Rettich (Kalthaus, Frühjahr)	30000	50000	140	40
Bierrettich (8 Wochen)	45000	55000	140	40
Rhabarber	20000	30000	125	30
Rote Rübe (Industrie)	70000	80000	150	50
Rote Rübe (Frischmarkt)	45000	55000	150	40
Rucola	35000	45000	140	60
Schnittlauch	30000	40000	200	50
Schwarzwurzel	22000	28000	155	40
Sellerie (Knollen)	40000	50000	200	50
Sellerie (Stangen-, Bleich-)	20000	25000	140	50
Spargel (Ertragsanlage)	4000	7000	100	40
Spinat (Blattspinat, 7 Wochen)	12000	18000	140	40
Spinat (Passierspinat, 8 Wochen)	20000	28000	190	40
Spinat (Überwinterung, 7 Wochen)	25000	34000	185	40
Sprossenkohl	10000	15000	250	40
Stangenbohne (frisch)	15000	25000	120	40
Stangenbohne, Käferbohne (trocken)	1800	2200	140	40
Tomate (Freiland, Frischmarkt)	50000	80000	225	50
Tomate (Glas/Folie, ungeheizt)	140000	160000	320	40
Tomate (Glas/Folie, Langzeitkultur)	150000	250000	330	
Vogerlsalat (Rapunzel, 8 Wochen)	6500	8500	60	20
Zucchini	35000	45000	180	50
Zuckerhut	40000	50000	120	40
Zuckermais (Körner)	12000	14000	160	40
Zwiebel (Sommer)	40000	55000	130	40
Zwiebel (Winter)	25000	40000	125	40
Zwiebel (Bund, Überwinterung)	25000	30000	75	40
Zwiebel (Bund, Frühjahr)	25000	30000	75	40
Zwiebel (Bund, Sommer)	30000	40000	80	40

Bei Leguminosen wird ein Großteil des Bedarfes durch die natürliche Stickstoffbindung abgedeckt.

1.2.3 Düngung unter Berücksichtigung des Nachlieferungsvermögens

Die Summe aus dem N - Bedarf und dem N – Mindestvorrat (siehe Tabelle 2) wird als „N – Sollwert“ bezeichnet. Durch eine Untersuchung des spezifischen Nachlieferungspotentials des Bodens kann festgestellt werden, ob der Mindestvorrat durch natürliche Mineralisation zur Verfügung gestellt wird oder ob eine zusätzliche Ergänzungsdüngung erfolgen sollte. Ist das Nachlieferungspotential des Bodens niedrig, sollte der anzustrebende Mindestvorrat ergänzt werden, die Düngung erfolgt in der Höhe des „Sollwertes“. Ist das Nachlieferungspotential als mittel einzustufen, erfolgt die Düngung nach Bedarf. Bei hohem Nachlieferungspotential kann die Düngemenge um 15 % verringert werden. In Tabelle 3 sind die maximal zulässigen Düngemengen für Erträge innerhalb der in Tabelle 2 angeführten Ertragsspanne unter Berücksichtigung des spezifischen Nachlieferungspotentials angeführt.

TABELLE 3: Maximal zulässige Düngemengen in Abhängigkeit vom Nachlieferungspotential des Bodens, Ertrag innerhalb der Ertragsspanne gem. Tabelle 2

		N - Nachlieferungspotential		
Kultur	Kultur	niedrig	mittel	hoch
Artischocke	Artischocke	130	90	75
Brokkoli	Brokkoli (12 Wochen)	240	200	170
	Brokkoli (9 Wochen)	240	200	170
Buschbohne	Buschbohne (gepflückt)	180	140	119
	Buschbohnen (gedroschen)	110	70	60
Chicoree	Chicoree	195	155	130
Chinakohl	Chinakohl (10 Wochen, gesät)	240	200	170
	Chinakohl (12 Wochen, gesät)	240	200	170
	Chinakohl (8 Wochen, gepflanzt)	240	200	170
Dill	Dill	130	90	75
Eichblattsalat	Eichblattsalat (7 Wochen)	140	100	85
	Eichblattsalat (Glas, 10 Wochen)	140	100	85
	Eichblattsalat (Vlies, 1. Satz)	160	100	85
Einlegegurke	Einlegegurke (Tröpfchenbewässerung)	220	180	155
	Einlegegurke (>600mm NS)	220	180	155
Eissalat	Eissalat	155	115	100
	Eissalat (8 Wochen)	155	115	100
	Eissalat (Vlies, 1. Satz)	175	115	100
Endivie	Endivie (10 Wochen)	190	150	130
Erbse	Erbse	110	70	60
Grünkohl	Grünkohl	250	210	180
Grünsoja	Grünsoja	110	70	60
Gurke	Salatgurke (Freiland)	220	180	155
Gurke	Salatgurke (ungeheizt, Kurzkultur)	295	255	215
Karfiol	Karfiol	260	200	170
Karotte	Karotte (Bund)	150	110	95
	Karotte (Bund, Vlies)	150	110	95
	Karotte (Lager)	190	150	130
	Karotte (Industrie)	210	170	145

		N - Nachlieferungspotential		
Kultur	Kultur	niedrig	mittel	hoch
Knoblauch	Knoblauch (Frühjahr)	95	75	65
	Knoblauch (Herbst)	110	90	75
Fenchel	Knollenfenchel (Herbst)	190	150	130
	Knollenfenchel (Sommer)	190	150	130
	Knollenfenchel (Vlies)	190	150	130
Kochsalat	Kochsalat	200	160	135
Kohl	Kohl (Herbst)	290	250	215
	Kohl (Vlies, Sommer)	240	200	170
Kohlrabi	Kohlrabi (Glas, Herbst)	220	160	135
	Kohlrabi	200	160	130
	Kohlrabi (Vlies)	210	150	130
	Kohlrabi (Industrie)	250	210	180
Kopfsalat	Kopfsalat (6 Wochen)	140	100	85
	Kopfsalat (Glas, 9 Wochen)	140	100	85
	Kopfsalat (Vlies, 1. Satz)	160	100	85
Kraut	Kraut (früh, Vlies)	260	200	170
	Kraut (Herbst)	290	250	215
	Kraut (Industrie, früh)	360	320	270
	Kraut (Industrie, spät)	380	340	290
	Kraut (Lager)	305	265	225
	Kraut (Sommer)	260	200	170
Kren	Kren	240	200	170
Kürbis	Ölkürbis	120	80	70
	Speisekürbis	235	185	160
Lollo	Lollo (6 Wochen)	140	100	85
	Lollo (Glas, 9 Wochen)	140	100	85
	Lollo (Vlies, 1. Satz)	160	100	85
Mangold	Mangold - Blatt	180	140	120
	Mangold - Stiel	180	140	120
Melonen	Melone	185	145	125
Melanzani	Melanzani, Aubergine, Freiland	230	190	160
	Melanzani, Aubergine, geschützt	250	200	170
Paprika	Paprika (Kurzzzeitkultur)	290	250	215
Paprika	Paprika	290	250	215
Pastinake	Pastinake	170	130	110
Petersilie	Petersilie (Schnitt)	170	130	110
	Petersilie (Wurzel)	170	130	110
Porree	Porree (Herbst, Winter)	220	160	135
	Porree (früh, Folie)	220	160	135
	Porree (Hybrid)	250	190	160
Radicchio	Radicchio	140	100	85

		N - Nachlieferungspotential		
Kultur	Kultur	niedrig	mittel	hoch
Radieschen	Radieschen (Frühjahr/Herbst)	120	80	70
	Radieschen (Sommer)	120	80	70
	Radieschen (Frühjahr)	120	80	70
Rettich	Rettich, schwarz	160	120	100
	Rettich (Kalthaus, Frühjahr)	180	140	120
	Bierrettich (8 Wochen)	180	140	120
Rhabarber	Rhabarber	155	125	105
Rote Rübe	Rote Rübe (Industrie)	200	150	130
	Rote Rübe (Frischmarkt)	190	150	130
Rucola	Rucola	200	140	120
Schnittlauch	Schnittlauch	250	200	170
Schwarzwurzel	Schwarzwurzel	195	155	130
Sellerie	Sellerie (Knollen)	250	200	170
	Sellerie (Stangen-, Bleich-)	190	140	120
Spargel	Spargel (Ertragsanlage)	140	100	85
Spinat	Spinat (Blattspinat, 7 Wochen)	180	140	120
	Spinat (Passierspinat, 8 Wochen)	230	190	160
	Spinat (Überwinterung, 7 Wochen)	225	185	160
Sprossenkohl	Sprossenkohl	290	250	215
Stangenbohne	Stangenbohne (frisch)	160	120	100
	Stangenbohne, Käferbohne (trocken)	180	140	120
Tomate	Tomate (Freiland, Frischmarkt)	275	225	190
	Tomate (Glas/Folie, ungeheizt)	360	320	270
Vogerlsalat	Vogerlsalat (Rapunzel, 8 Wochen)	80	60	50
Zucchini	Zucchini	230	180	155
Zuckerhut	Zuckerhut	160	120	100
Zuckermais	Zuckermais (Körner)	200	160	135
Zwiebel	Zwiebel (Sommer)	170	130	110
	Zwiebel (Winter)	165	125	105
	Zwiebel (Bund, Überwinterung)	115	75	65
	Zwiebel (Bund, Frühjahr)	115	75	65
	Zwiebel (Bund, Sommer)	120	80	70

Bei Leguminosen wird ein Großteil des Bedarfes durch die natürliche Stickstoffbindung abgedeckt.

Bei Unterschreiten der angegebenen Ertragsspanne ist der jeweilige Bedarf um 20 % zu reduzieren, bei einer Überschreitung kann er um bis zu 25 % erhöht werden.

1.2.4 Düngung auf Basis des KNS - Systems

In Deutschland wurde Ende der 1980er Jahre ein System zur Optimierung der Stickstoffdüngung entwickelt. Dieses System berücksichtigt den unterschiedlichen Bedarf der Pflanzen während der Kulturzeit und den Gehalt an verfügbarem Stickstoff im Boden (Kulturbegleitende $N_{\min}$ - Sollwerte - System = KNS - System). Die Grundlage ist eine zeitlich gestaffelte Bedarfskurve, die nicht nur eine mengenmäßige, sondern auch eine zeitliche Optimierung der Düngergaben ermöglicht.

Prinzip

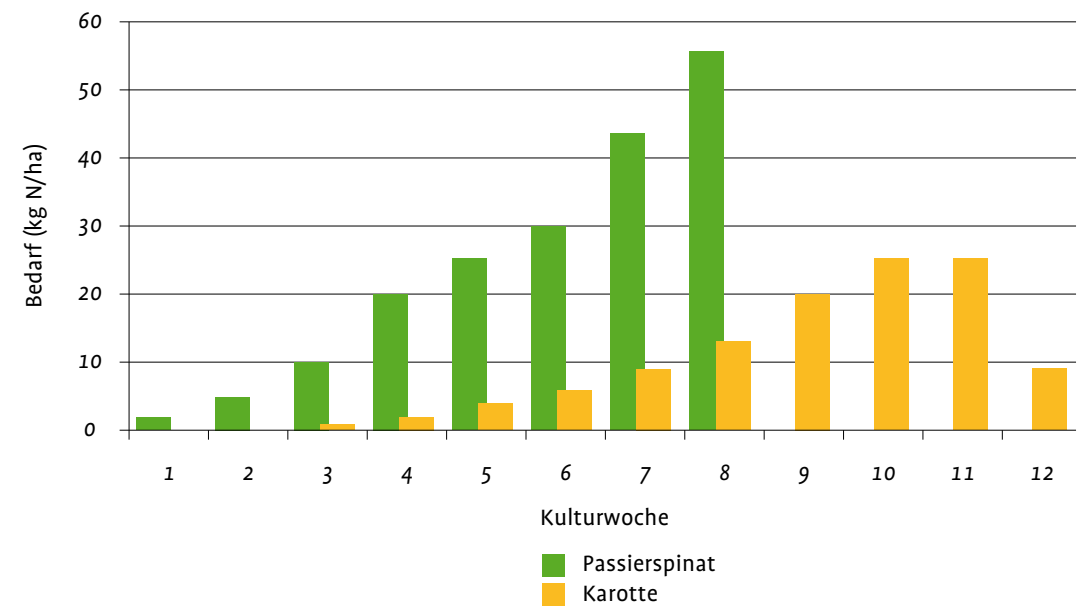
Das KNS-System geht davon aus, dass eine Kulturart bis zur Erreichung der Marktfähigkeit eine bekannte Menge an Stickstoff benötigt.

Diese Stickstoffmenge wird als Bedarf bezeichnet und ist

- von der Gemüseart
- vom Ertrag und
- vom Entwicklungsstadium der Pflanze

abhängig.

ABB. 1: Stickstoffbedarf unterschiedlicher Gemüsearten: Spinat (Blattgemüse) und Karotte (Wurzelgemüse)



Die möglichst genaue Kenntnis dieser Ansprüche ermöglicht es, bei einer Kopf- (Teil-) düngergabe den noch zu verabreichenden Rest an Stickstoff bis Kulturrende optimal zu berechnen. Zu den einzelnen Düngungsterminen können somit Stickstoffsollwerte angegeben werden. Das ist jene Stickstoffmenge, die im Boden vorhanden sein sollte, um die optimale Qualität zu erreichen. Vom Sollwert müssen der im Boden mineralisierte und damit verfügbare Stickstoff ($N_{\min}$), der aus Mineralisationsprozessen von Ernterückständen freiwerdende Stickstoff und der mit dem Gießwasser in den Boden eingebrachte Stickstoff abgezogen werden.

Anhand der Kulturdatenblätter lässt sich der Düngbedarf für eine gesamte Kultur mittels folgender Formel berechnen:

Sollwert (kg N/ha)

- $N_{\min}$ - Gehalt Ergebnis der Bodenuntersuchung
- Mineralisation der Vorkultur siehe Anhang
- Eintrag durch das Gießwasser Ergebnis der Wasseranalyse

= Düngbedarf für die gesamte Kultur

Für die Ermittlung des Düngbedarfes zu bestimmten Kulturzeitpunkten sind die Daten für die wichtigsten Gemüsekulturen dem Anhang zu entnehmen.

Die Vorteile des Systems liegen in einer schnellen Reaktionsmöglichkeit auf alle Veränderungen des Stickstoffgehaltes im Boden, einer Vermeidung von Überschusssituationen und einer Minimierung des Nitratreintrages ins Grundwasser.

Voraussetzung für eine optimale Anwendung

- *Einhaltung der vorgegebenen Düngungstermine*
- *wiederholte N_{min} - Untersuchung, um die berechnete Stickstoffbilanz durch Messungen zu untermauern bzw. korrigierend eingreifen zu können*
- *bei Kurzkulturen sollte wenigstens eine Kopfdüngung mit vorhergegangener Beprobung erfolgen*
- *vor jeder Düngungsmaßnahme muss die Bestimmung des N_{min} - Gehaltes sehr rasch erfolgen. Dies kann entweder durch eine optimierte Zusammenarbeit mit einem Labor oder durch den Einsatz von Schnellmethoden erreicht werden.*

Stickstoffbedarf/Sollwert

Der Bedarf ist jene Menge an Stickstoff, die die Kultur für den gesamten Aufwuchs, also Erntegut und Ernterest, benötigt. Die Bedarfszahlen geben keinen absoluten Aufschluss darüber, wie viel wirklich gedüngt werden muss. Während mit dem Erntegut eine Stickstoffabfuhr vom Feld stattfindet, verbleibt der Ernterest in den meisten Fällen auf dem Feld. Er enthält Stickstoff, der der Folgekultur durch Mineralisierung zur Verfügung steht. Dieser sollte in der Stickstoffbilanz berücksichtigt werden.

Um in Mineralisationspausen genug Stickstoff bereitgestellt zu haben und keinen latenten (versteckten) Nährstoffmangel zu riskieren, wird eine gewisse Nährstoffmenge (Mindestvorrat, Puffer) aufgeschlagen, die in den angeführten Sollwerten für Düngeempfehlungen immer enthalten ist. Eine Empfehlung wird zunächst grundsätzlich in der Dimension „kg Reinstickstoff pro Hektar“ (kg N/ha) angegeben. Es ist dabei nicht wichtig, ob der Stickstoff in Form von mineralischen oder organischen Düngern eingebracht wird. Allerdings ist zu beachten, dass der Stickstoff aus organischen Düngern langsamer für die Pflanzen verfügbar wird. Die verschiedenen Gemüsearten reagieren unterschiedlich stark auf Versorgungsengpässe, der Mindestvorrat muss daher kulturspezifisch angepasst werden. Bei manchen Kulturen ist es sinnvoll, ihn gegen Ende der Kulturdauer abzusenken.

N_{min} -Gehalt

Der N_{min} - Gehalt gibt Aufschluss über die pflanzenverfügbare Menge an mineralisiertem Stickstoff (Nitrat und Ammonium). Er stellt eine Momentaufnahme zum Zeitpunkt der Probenziehung dar und wird vom Stickstoffsollwert abgezogen. Die N_{min} -Werte geben keinen Aufschluss darüber, wieviel Stickstoff nach dem Beprobungszeitpunkt noch nachgeliefert wird. Der N_{min} - Gehalt wird üblicherweise in N/ha angegeben.

Mineralisation

Der Boden ist in der Lage, Stickstoff z.B. aus eingearbeiteten Ernteresten, Wirtschaftsdüngern oder Humus nachzuliefern. Unter optimalen Bedingungen (Temperatur, Bodenfeuchte, pH-Wert etc.) erfolgt die Mineralisation relativ rasch. Sind diese Voraussetzungen nicht gegeben, ist das Nachlieferungsverhalten des Bodens stark verlangsamt. Die bis zum Probenahmetermin z.B. aus Wirtschaftsdüngern oder Ernteresten mineralisierte Stickstoffmenge wird in der Bodenanalyse wieder gefunden und wird somit vom Sollwert abgezogen. Darüber hinaus kann die Mineralisation während des weiteren Kulturverlaufes aufgrund der Information über Vorkultur und organische Düngung abgeschätzt und ebenfalls vom Sollwert abgezogen werden.

Durchwurzelungstiefe

Die vorgegebenen Sollwerte (siehe Kulturdatentblätter) beziehen sich jeweils auf die durchwurzelten Bodenhorizonte, die Bodenprobe kann daher auf die genutzte Bodentiefe beschränkt werden. Unmittelbar nach dem Räumen der Kultur soll eine N_{min} -Analyse erfolgen, um zu kontrollieren, ob die Stickstoffbemessung korrekt war. Werden die Rest- N_{min} -Mengen überschritten, sollten die Düngemengen für die Folgekultur nach unten korrigiert werden.

Gießwasser



Bei Verwendung von Beregnungswasser mit einem höheren Nitratgehalt werden zusätzliche Stickstoffmengen in den Boden gebracht. So entspricht etwa eine Nitratkonzentration von 50 mg/l im Beregnungswasser bei 200 mm Beregnungsmenge einer Düngermenge von 23 kg Reinstickstoff/ha. Zur Ermittlung des tatsächlichen Nitratgehaltes ist eine Wasseranalyse durchzuführen, detaillierte Angaben zur Umrechnung der Analysendaten sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

TABELLE 4: Umrechnung von Wasseruntersuchungsergebnissen

mg Nitrat/l	mm Beregnungswasser				
	10	50	100	150	200
kg Reinstickstoff/ha					
10	0,2	1	2	3	5
20	0,5	2	5	7	9
30	0,7	3	7	10	14
40	0,9	5	9	14	18
50	1,1	6	11	17	23
60	1,4	7	14	20	27
70	1,6	8	16	24	32
80	1,8	9	18	27	36
90	2,0	10	20	30	41
100	2,3	11	23	34	45
110	2,5	12	25	37	50
120	2,7	14	27	41	54
130	2,9	15	29	44	59
140	3,2	16	32	47	63
150	3,4	17	34	51	68
160	3,6	18	36	54	72
170	3,8	19	38	58	77
180	4,1	20	41	61	81
190	4,3	21	43	64	86
200	4,5	23	45	68	90

1.2.4.1 Berechnungsbeispiele

Der Gesamtdüngebedarf für eine Kultur kann leicht aus der oben angegebenen Formel berechnet werden. Durch folgende Rechenbeispiele soll die bedarfsgerechte Aufteilung der Düngergabe veranschaulicht werden. Zusätzlich werden die Vorteile einer Düngung nach Bodenuntersuchung aufgezeigt.

Beispiel 1

Der Kultivateur beprobt, wie es ihm die Düngeempfehlung nach dem KNS-System vorschreibt, vor jeder Stickstoff-Düngergabe mittels $N_{\min}$ -Schnellmethode.

Allgemeine Angaben

Auf einem Schlag von einem Hektar Größe soll Chinakohl gesät werden. Der erwartete Ertrag liegt bei 60t/ha. Die Kulturdauer beträgt am Standort rund 12 Wochen. Als Vorkultur war Kopfsalat gepflanzt. Die Stickstoffbedarfskurve mit ihren wöchentlichen Einzeldaten ist dem Kulturdatenblatt „Chinakohl (12 Wochen)“ zu entnehmen. Die Stickstoffversorgung erfolgt über Kalkammonsalpeter (27 % N).

Die KNS-Düngerempfehlung sieht 3 Stickstoffgaben vor:

1. zu Kulturbeginn
2. in der 4.Woche
3. in der 7.Woche.

Vorgangsweise

Zu Kulturbeginn, etwa Mitte August, werden 70 kg N/ha Stickstoffvorrat im Boden gefunden. Da bis zur 1. Kopfdüngung (4.Woche) nur 70 kg N/ha (Bedarf 30 kg N/ha + Puffer 40 kg N/ha) benötigt werden, ist zu Kulturbeginn keine Stickstoffgabe notwendig.

In der 4. Kulturwoche soll die 1. Kopfdüngung verabreicht werden. Der $N_{\min}$ - Gehalt liegt bei 50 kg N/ha. In der Zeitspanne von der 5. bis zur 7. Periode entzieht die Kultur 65 kg N/ha. Dies ergibt plus Puffer von 40 kg N/ha einen Sollwert von 105 kg N/ha. Es sind daher 55 kg N/ha zu düngen.

In der 7. Kulturwoche soll die 2. Kopfdüngung verabreicht werden. Der $N_{\min}$ - Gehalt liegt in einer Tiefe bis 30 cm bei 70 kg N/ha, in der Tiefe 30-60 cm bei 20 kg N/ha, also 90 kg N/ha in der genutzten Bodenschicht. In der Zeitspanne von der 8. Periode bis zu Kulturende entzieht die Kultur 105 kg N/ha, ergibt plus einem Puffer von 40 kg N/ha einen Sollwert von 145 kg N/ha. Es sind daher 55 kg N/ha zu düngen.

Die insgesamt gegebene Stickstoffmenge beträgt 110 kg N/ha.

Dies entspricht bei der Verwendung von Kalkammonsalpeter (NAC, 27 % N) gerundet 410 kg Düngemittel.

Mineralisierung der Vorkultur und Gießwassereintrag

Stickstoff wird auch über die Mineralisierung der Ernterückstände der Vorkultur und das Gießwasser in den Boden eingebracht. Diese Werte sollten in der Praxis ebenfalls berücksichtigt werden. Die Berechnung ist somit folgendermaßen zu ergänzen:

Als Vorkultur befand sich Kopfsalat auf dem Schlag. Dieser hat ein Nährstoffrücklieferungspotential von 25 kg N/ha in 4 Wochen (siehe Kulturdatenblätter). Aufgrund des Witterungsverlaufes ist eine Beregnung mit 150 mm erforderlich. Im Beregnungswasser sind laut einer Untersuchung 50 mg Nitrat pro Liter enthalten. Über die Beregnung werden somit 17 kg Reinstickstoff pro ha eingebracht (siehe Tabelle 4). Wie in der vorangegangenen Berechnung erläutert, ist zu Beginn aufgrund des $N_{\min}$ Gehaltes von 70 kg/ha keine Düngung erforderlich und bei der 1. Kopfdüngung (4. Kulturwoche) ist die Nachlieferung durch die Ernterückstände des Kopfsalates schon erschöpft. Somit hat die Berücksichtigung der Vorkultur in diesem Fall keine Auswirkungen auf die Berechnung. Nach Berücksichtigung der 17 kg Reinstickstoff im Beregnungswasser beträgt die insgesamt zu gebende Stickstoffmenge somit 93 kg/ha (ca. 345 kg NAC).

Beispiel 2

Der Kultivateur beprobt nicht, richtet sich aber dennoch nach den Zahlen des KNS-Systems.

Allgemeine Angaben

wie bei Beispiel 1

Vorgangsweise

Zu Kulturbeginn, etwa Mitte August, werden 70 kg N/ha (Bedarf 30 kg + Puffer 40kg) bis zur 1. Kopfdüngung (4.Woche) gegeben. Der Puffer darf in diesem Fall nur bei der ersten Düngungsmaßnahme berücksichtigt werden.

In der 4.Kulturwoche soll die 1. Kopfdüngung verabreicht werden. In der Zeitspanne von der 5. bis zur 7. Periode entzieht die Kultur 65 kg N/ha. 65 kg N/ha werden ausgebracht.

In der 7.Kulturwoche soll die 2. Kopfdüngung verabreicht werden. In der Zeitspanne von der 8. Periode bis zu Kulturende entzieht die Kultur 105 kg N/ha. 105 kg N/ha werden ausgebracht.

Die insgesamt gegebene Stickstoffmenge beträgt 240 kg N/ha.

Dies entspricht bei Verwendung von Kalkammonsalpeter (NAC, 27 % N) gerundet 890 kg Düngemittel.

Mineralisierung der Vorkultur und Gießwassereintrag

Stickstoff wird auch über die Mineralisierung der Ernterückstände der Vorkultur und das Gießwasser in den Boden eingebracht. Beide Werte können auch ohne durchgeführte $N_{\min}$ Untersuchung berücksichtigt werden. Die Berechnung ist dann folgendermaßen zu ergänzen:

Zu Kulturbeginn werden 70 kg N/ha bis zur 1. Kopfdüngung (4. Woche) gegeben. Nach Abzug der 25 kg N/ha aus der Vorkultur Kopfsalat bis zur 4. Woche beträgt die auszubringende Stickstoffmenge 45 kg N/ha. Berücksichtigt man zusätzlich noch die 17 kg Reinstickstoff pro Hektar im Beregnungswasser beträgt die insgesamt gegebene Stickstoffmenge somit 198 kg/ha (ca. 730 kg NAC).

In beiden Fällen hat eine Überdüngung stattgefunden, die zu deutlichen Mehrkosten pro ha (Gegenwert von 480 bzw. 385 kg/ha NAC) geführt hat. Zusätzlich ist mit großer Wahrscheinlichkeit mit entsprechenden Auswaschungsverlusten zu rechnen. Die Analysenkosten wurden nicht berücksichtigt, liegen aber deutlich unter der zu erwartenden Ersparnis. Da Chinakohl eine typische Zweitfrucht darstellt, kann ähnliches bei allen Vorfrüchten im selben Jahr angenommen werden. Der zeitliche Aufwand der Probenziehungen ist demnach sicher gerechtfertigt, wobei die übrigen Hauptnährstoffe noch nicht mit berücksichtigt sind.

Schlussfolgerungen

Das zweite Beispiel verdeutlicht, dass das KNS-System nur dann optimal funktioniert, wenn die geforderten $N_{\min}$ -Untersuchungen auch tatsächlich durchgeführt werden. Dennoch ergibt sich auch bei einer nur einmaligen Probenahme ein deutlicher Vorteil gegenüber Systemen ohne Düngungsberechnung. Durch die Verwendung von unpassenden NPK - Düngern, kann die Diskrepanz noch weitaus höher liegen. Der Einfachheit halber wurde darauf verzichtet, jene Stickstoffmengen abzuziehen, die durch Mineralisierung nach der Beprobung bzw. durch die Verwendung von nitrathaltigem Gießwasser angefallen wären. In der Praxis sollten diese Werte allerdings berücksichtigt werden.

Intensive Produktion unter Glas

Für einige Kulturen (z.B. Tomate, Paprika, Gurke) können im intensiven Anbau unter Glas Erträge erzielt werden, die deutlich über den in den Kulturdatenblättern angeführten Durchschnittserträgen liegen. Voraussetzung dafür sind allerdings modernste Produktionsverfahren, die eine exakte Steuerung der Kulturführung bedingen. Die Düngung erfolgt in diesen Fällen über eine Nährlösung, die mit Tröpfchenbewässerungssystemen unmittelbar bei der Wurzel ausgebracht werden kann (siehe auch Kapitel 5). Boden- bzw. Substratuntersuchung bei erdelosen Systemen müssen in diesem Fall in Abständen von ein bis zwei Wochen durchgeführt werden um die Zusammensetzung der Nährlösung dem Bedarf der Pflanze exakt anpassen zu können. Die ausgebrachten Nährstoffmengen sind entsprechend der erzielten Erträge zwar relativ hoch, allerdings ist eine Umrechnung auf die Fläche aufgrund der räumlich eng begrenzten Ausbringungsfläche nicht möglich. Das KNS - System ist daher für diese Kulturen nur nach entsprechender Adaptierung anwendbar.

VERSORGUNG MIT PHOSPHOR, KALIUM UND MAGNESIUM

Im Gegensatz zum Stickstoff können Phosphor, Kalium und Magnesium auch in größeren Mengen und über längere Zeiträume in pflanzenverfügbarer Form im Boden gespeichert werden. Es ist daher für diese Nährstoffe nicht erforderlich, dynamische Überwachungssysteme wie etwa das KNS – System anzuwenden. Der Versorgungsgrad des Bodens ist durch entsprechende Analysen, die circa alle 4 Jahre durchgeführt werden sollten, feststellbar. Die Interpretation der Ergebnisse und deren Umsetzung für die Düngplanung sind im Kapitel 4.3 dargestellt. Tabelle 5 gibt einen Überblick über den Nährstoffentzug der wichtigsten Gemüsekulturen für den mittleren Ertragsbereich (vgl. Tabelle 2), der als Basis für die Ermittlung des Düngedarfs dient.

TABELLE 5: Entzugswerte für P_2O_5 , K_2O und MgO im mittleren Ertragsbereich

Kultur	Entzug (kg/ha)		
	P_2O_5	K_2O	MgO
Artischocke	40	140	20
Brokkoli (12 Wochen)	40	110	10
Brokkoli (9 Wochen)	40	110	10
Buschbohne (gepflückt)	20	50	10
Buschbohnen (gedroschen)	20	50	10
Chicoree	40	150	15
Chinakohl (10 Wochen, gesät)	60	180	20
Chinakohl (12 Wochen, gesät)	60	180	20
Chinakohl (8 Wochen, gepflanzt)	60	180	20
Dill	15	100	10
Eichblattsalat (7 Wochen)	30	140	15
Eichblattsalat (Glas, 10 Wochen)	30	140	15
Eichblattsalat (Vlies, 1. Satz)	20	115	10
Einlegegurke (Tröpfchenbewässerung)	50	210	15
Einlegegurke (>600mm NS)	40	180	15
Eissalat	30	140	15
Eissalat (8 Wochen)	30	140	15
Eissalat (Vlies, 1. Satz)	30	140	15
Endivie (10 Wochen)	35	140	15
Erbse	20	50	10
Grünkohl	40	140	15
Grünsoja	30	60	10
Salatgurke (Freiland)	40	140	15
Salatgurke (ungeheizt, Kurzkultur)	80	280	30
Karfiol	35	130	10
Karotte (Bund)	30	200	20
Karotte (Bund, Vlies)	30	200	20
Karotte (Lager)	50	250	20

Kultur	Entzug (kg/ha)		
	P_2O_5	K_2O	MgO
Karotte (Industrie)	50	250	20
Knoblauch (Frühjahr)	30	80	15
Knoblauch (Herbst)	30	80	15
Knollenfenchel (Herbst)	20	140	10
Knollenfenchel (Sommer)	20	140	10
Knollenfenchel (Vlies)	20	140	10
Kochsalat	60	180	20
Kohl (Herbst)	50	180	15
Kohl (Vlies, Sommer)	40	140	10
Kohlrabi (Glas, Herbst)	40	140	15
Kohlrabi	40	140	15
Kohlrabi (Vlies)	35	140	10
Kohlrabi (Industrie)	60	210	15
Kopfsalat (6 Wochen)	30	140	15
Kopfsalat (Glas, 9 Wochen)	30	140	15
Kopfsalat (Vlies, 1. Satz)	30	140	10
Kraut (früh, Vlies)	40	145	15
Kraut (Herbst)	60	250	25
Kraut (Industrie, früh)	70	285	30
Kraut (Industrie, spät)	80	310	30
Kraut (Lager)	70	285	30
Kraut (Sommer)	50	190	20
Kren	60	180	30
Ölkürbis	50	180	30
Speisekürbis	50	220	30
Lollo (6 Wochen)	30	140	15
Lollo (Glas, 9 Wochen)	30	140	15
Lollo (Vlies, 1. Satz)	30	140	10
Mangold - Blatt	40	180	10
Mangold - Stiel	40	180	10
Melone	50	210	10
Melanzani, Aubergine, Freiland	30	200	20
Melanzani, Aubergine, geschützt	50	240	25
Paprika (Kurzzzeitkultur)	50	220	25
Paprika	50	220	25
Pastinake	30	190	15
Petersilie (Schnitt)	30	190	15
Petersilie (Wurzel)	30	190	15
Porree (Herbst, Winter)	50	180	15
Porree (früh, Folie)	30	130	15
Porree (Hybrid)	40	150	15
Radicchio	30	140	15

Kultur	Entzug (kg/ha)		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Radieschen (Frühjahr/Herbst)	20	100	10
Radieschen (Sommer)	20	100	10
Radieschen (Frühjahr)	20	100	10
Rettich, schwarz	40	200	15
Rettich (Kalthaus, Frühjahr)	40	200	15
Bierrettich (8 Wochen)	40	200	15
Rhabarber	60	200	20
Rote Rübe (Industrie)	50	220	20
Rote Rübe (Frischmarkt)	50	195	20
Rucola	40	140	10
Schnittlauch	50	180	15
Schwarzwurzel	60	155	20
Sellerie (Knollen)	80	280	20
Sellerie (Stangen-, Bleich-)	60	240	20
Spargel (Ertragsanlage)	60	140	20
Spinat (Blattspinat, 7 Wochen)	40	140	10
Spinat (Passierspinat, 8 Wochen)	40	180	10
Spinat (Überwinterung, 7 Wochen)	40	180	10
Sprosskohl	50	160	10
Stangenbohne (frisch)	40	150	10
Stangenbohne, Kärferbohne (trocken)	40	150	10
Tomate (Freiland, Frischmarkt)	40	280	20
Tomate (Glas/Folie, ungeheizt)	60	330	50
Vogelsalat (Rapunzel, 8 Wochen)	10	60	5
Zucchini	50	210	30
Zuckerhut	30	140	20
Zuckermais (Körner)	40	150	10
Zwiebel (Sommer)	40	140	15
Zwiebel (Winter)	40	140	15
Zwiebel (Bund, Überwinterung)	40	140	15
Zwiebel (Bund, Frühjahr)	40	140	15
Zwiebel (Bund, Sommer)	40	140	15

BODENANALYSEN UND INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

3)

3.1 BODENPROBENTNAHME



3.1.1 Auswahl der Fläche

Eine korrekte und sorgfältig durchgeführte Probennahme ist die Voraussetzung für ein aussagekräftiges Analyseergebnis und für eine kulturspezifische Düngeempfehlung. Die entnommene Probe muss repräsentativ für den Boden der ausgewählten Fläche sein.

Auf Grund der unterschiedlichen Beschaffenheit von Böden soll daher versucht werden, möglichst einheitliche Flächen abzugrenzen. Sind auf mehr als 30 % der Fläche deutliche bodenkundliche Unterschiede vorhanden (zB Gründigkeit, Bodenschwere, Grobanteil,...) sollten zwei oder mehrere Durchschnittsproben entnommen werden. Stellen, die stark von der Beschaffenheit der übrigen Fläche abweichen (Fahrgassen, Randstreifen, Mietenplätze,...), sind von der Probennahme auszuschließen. Die Größe für die Gewinnung einer Durchschnittsprobe soll auf Freilandflächen 5 ha nicht überschreiten.

3.1.2 Zeitpunkt der Probennahme

Die Probennahme kann grundsätzlich während des gesamten Jahres erfolgen. Der Feuchtigkeitszustand des Bodens zum Zeitpunkt der Probennahme sollte Pflugarbeit zulassen. Bei zu trockenen oder vernässten Böden sind die Ergebnisse mancher Parameter nicht aussagekräftig. Die letzte Ausbringung mineralischer Düngemittel sollte mindestens einen Monat, die letzte Ausbringung organischer Düngemittel etwa drei Monate zurückliegen. Eine Probenahme unmittelbar nach einer Bodenbearbeitung kann ebenfalls zu verfälschten Ergebnissen führen.

Die Probennahme für die N_{min} - Untersuchung sollte unmittelbar vor dem Auspflanzen / der Aussaat bzw. dem jeweiligen Kopfdüngungstermin erfolgen. Die N_{min} - Abschlussuntersuchung ist unmittelbar nach dem Abernten durchzuführen.

3.1.3 Entnahmetiefe

Bei der Durchführung einer Grunduntersuchung (pH - Wert, pflanzenverfügbarer Anteil von P und K) soll die Entnahmetiefe mit der Krumentiefe (Pflugtiefe) übereinstimmen (0-30 cm).

Bei einer $N_{\min}$ - Analyse soll die zu untersuchende Schichttiefe der Durchwurzelungstiefe der einzelnen Kultur bis zum nächsten Analysetermin bzw. bis zur Ernte angepasst werden. Die einzelnen Schichten werden getrennt untersucht. Eine Ausnahme von dieser Regel kann gemacht werden, wenn die Durchwurzelungstiefe während des entsprechenden Zeitraumes immer 0-60 cm beträgt. In diesem Fall kann die Probe in einem Einstich von 0-60 cm genommen werden.

3.1.4 Durchführung

Je ausgewählter Fläche werden mindestens 25 Einzelproben zu einer Durchschnittsprobe vereinigt. Die einzelnen Probenahmepunkte können entweder entlang einer Diagonalen einer Parzelle oder an den Schnittpunkten eines gleichmäßigen Rasters liegen. Für die Probennahme werden Bodenstecher oder Schlagbohrer verwendet. Die Mindestprobenmenge für Grunduntersuchungen beträgt 300 g, ansonsten 1000 g. Werden bei $N_{\min}$ - Untersuchungen mehrere Bodenschichten untersucht, wird der Bohrstock mit einem Hammer in die Erde eingeschlagen und nach 2 – 3 Schlägen mit dem Dorn um die eigene Achse gedreht. Nach Erreichen der vorgesehenen Beprobungstiefe wird der Bohrstock vorsichtig herausgezogen und das Material der entsprechenden Bodenschichten (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) in die vorbereiteten Behälter gegeben. Nach dem Ende der Probennahme wird das Material gut durchmischt und in Probensäckchen gefüllt. Von den Bodenlabors werden dazu teilweise entsprechend bedruckte Papiersäckchen zur Verfügung gestellt. Werden eigene Plastiksäcke benutzt, sind diese außen zumindest mit Name und Anschrift und der Feldstücksbezeichnung zu beschriften. Alle anderen Angaben werden in einem eigenen Begleitschreiben angeführt. Auch dafür bieten die Labors Vordrucke an.

Das Probenbegleitschreiben muss unbedingt vollständig ausgefüllt werden, da es alle Angaben für eine exakte Empfehlung enthält (siehe Anhang). Es können auch formlose Begleitschreiben beigelegt werden, folgende Angaben sind aber unbedingt erforderlich:

Name, Adresse
 Feldstücks- bzw. Schlagbezeichnung
 Probennahmetiefe
 Zeitpunkt der Probenziehung
 Bodenart/Bodenschwere, Humusgehalt, Steingehalt (soweit bekannt)
 Kultur, Kulturbeginn, Ertrag
 Vorkultur, organische Düngung
 gewünschte Untersuchung

3.1.5 Lagerung und Transport

Die Lagerungsbedingungen haben auf die Parameter einer allgemeinen Bodenuntersuchung einen geringen Einfluss. Es müssen daher keine besonderen Regeln beachtet werden. Eine Zwischenlagerung bis zu vier Wochen ist möglich.

Der $N_{\min}$ - Gehalt von Bodenproben kann sich vor allem bei höheren Temperaturen auf Grund einer raschen Mineralisierung der organischen Substanz zum Teil deutlich ändern. Die Proben sollten daher möglichst bald nach der Probennahme weiter verarbeitet werden, wobei jegliche intensive Wärmeeinwirkung zu vermeiden ist (z.B. liegen lassen in der Sonne oder im Kofferraum eines Autos). Ist der Zeitraum zwischen der Probenahme und der Aufarbeitung größer als zwei Stunden, müssen die Proben in Kühltragetaschen oder in einem Kühlschrank bzw. in einem Kühlraum aufbewahrt werden. Ist ein Lagerungszeitraum von mehr als zwei Tagen zu erwarten, müssen die Proben tief gefroren und anschließend im Kühlschrank schonend aufgetaut werden. Der Transport des Probenmaterials sollte generell in Küheltaschen erfolgen.

Eine Alternative zur Kühlkette ist für $N_{\min}$ - Proben die Verwendung von fixierenden Extraktionslösungen. Diese Lösungen werden von Labors vorbereitet und in Extraktionsflaschen zur Verfügung gestellt. Eine vorgegebene Probenmenge wird direkt am Feld in die Extraktionsflaschen abgefüllt, eine weitere Veränderung des $N_{\min}$ - Gehaltes wird durch Chloroform in der Extraktionslösung verhindert.

3.2 METHODEN ZUR BODENUNTERSUCHUNG

3.2.1 Empfohlene Untersuchungsparameter

Je nach Untersuchungszweck können unterschiedliche Untersuchungen sinnvoll sein. Im Folgenden werden eine Reihe von Bodenanalysenverfahren und deren Beurteilung im Hinblick auf die Funktion des Bodens als Pflanzenstandort vorgestellt. Die meisten Methoden liegen als Normen des Österreichischen Normungsinstituts vor, teilweise wird auf die Methoden des Methodenbuches des VDLUFA (CAT-Extraktion) verwiesen. In Tabelle 6 sind die wichtigsten Untersuchungsverfahren und deren Anwendungsbereich für die Düngepraxis angeführt.

TABELLE 6: Wichtige Bodenuntersuchungsverfahren

Untersuchung	Verfahren	Anwendungsbereich, Aussagekraft
Pflanzenverfügbare Nährstoffe: Durchführungszeitraum ca. alle 4 - 6 Jahre		
Grunduntersuchung: pH, pflanzenverfügbare Anteile von Kalium und Phosphor	ÖNORM L 1083, ÖNORM L 1087	Einstufung der Versorgung mit P und K, Erstellung einer Düngeempfehlung für P und K, Ermittlung des Kalkbedarfs
Gehalt an pflanzenverfügbarem Magnesium	ÖNORM L 1093 oder CAT-Extraktion	Erstellung einer Düngeempfehlung für Mg, Ermittlung des K/Mg Verhältnisses
Gehalt an pflanzenverfügbarem Eisen, Mangan, Kupfer und Zink	ÖNORM L 1089 oder CAT-Extraktion	Einstufung der Nährstoffversorgung im Spurenelementbereich
Gehalt an pflanzenverfügbarem Bor	ÖNORM L 1090 oder CAT-Extraktion	Einstufung der Borversorgung, Erstellung einer Düngeempfehlung
Gehalt an mineralischem Stickstoff ($N_{\min}$)	ÖNORM L 1091	Erfassung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs
Bodendauereigenschaften: Durchführungszeitraum ca. alle 10 Jahre bzw. bei Geländeänderungen oder Problemen mit der Pflanzenentwicklung		
Humusgehalt	ÖNORM L 1080, L1081	Einstufung des Gehalts an organischer Substanz, Abschätzung des Stickstoff-Nachlieferungsvermögens des Bodens
Nachlieferbarer Stickstoff	Anaerobe Bebrütung	Einstufung des Stickstoff-Nachlieferungsvermögens des Bodens, Berücksichtigung bei der Ermittlung der N-Düngung
Gesamtstickstoffgehalt	ÖNORM L 1095	Einstufung des N-Gehaltes, Ermittlung des C/N - Verhältnisses
Kalkgehalt	ÖNORM L 1084	Einstufung des Kalkgehaltes, Beeinflussung der Versorgung mit Spurenelementen
Kalkaktivität	AGES - Verfahren	Einstufung der Reaktivität des Bodenkalkes
Kaliumfixierung	ÖNORM L 1097	Ermittlung der möglichen Fixierung von Kalium, Angabe der Menge der Ausgleichsdüngung
Tongehalt oder Gehalt an den Korngrößenklassen Sand, Schluff und Ton	ÖNORM L 1061-2	Charakterisierung der Bodenschwere, wesentlich für die Einstufung der Versorgungsklassen für K und Mg
Gehalt an austauschbaren Kationen	ÖNORM L 1086-1	Belegung des Austauscherkomplexes mit Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium; bei sauren Böden zusätzlich Eisen, Mangan, Aluminium und H ⁺ -Ionen

3.2.2 Standorteigenschaften

Die spezifischen Eigenschaften eines Standortes können die Verfügbarkeit und Wirkung der Nährstoffe wesentlich beeinflussen. Dies betrifft folgende Faktoren:

Bodenschwere
Humusgehalt
Kalkgehalt
Gründigkeit
Wasserverhältnisse
Grobanteil

Durch Bodenanalysen können die Bodenschwere, der Humus- und der Kalkgehalt erfasst werden, eine Einschätzung dieser Parameter vor Ort ist ebenfalls möglich. Die übrigen Faktoren sind nur unmittelbar am Standort zu bewerten. Diese Parameter wurden im Rahmen der österreichischen Bodenkartierung erfasst und sind über die digitale Bodenkarte (www.lebensministerium.at/ebod) verfügbar. Sie sind zugleich Bestandteil der Einwertungsbescheide der österreichischen Finanzbodenschätzung und liegen für jedes landwirtschaftlich genutzte Grundstück in Österreich auf.

3.2.3 Klassifizierung der Standort- und Bodendauereigenschaften

3.2.3.1 Humusgehalt:

Die Analyse des Humusgehaltes erfolgt im Labor gemäß ÖNORM L 1080 (trockene Verbrennung), im Gelände kann der Wert aufgrund der Färbung geschätzt werden.

< 2 % schwach humos (Humus – Gehaltsklasse A)
2 – 4,5 % humos (Humus – Gehaltsklasse C)
> 4,5 % stark humos (Humus – Gehaltsklasse E)

3.2.3.2 Karbonatgehalt:

Die Bestimmung der Karbonate erfolgt mit der Methode nach Scheibler (ÖNORM L 1084). Im Feld kann der Karbonatgehalt durch Versetzen des Bodens mit einigen Tropfen verdünnter Salzsäure (ca. 10 %ig) abgeschätzt werden. Zur Einstufung des Karbonatgehaltes siehe Tabelle 11.

3.2.3.3 Bodenart, Bodenschwere

Die Bodenart wird durch das Verhältnis der Korngrößenklassen Sand (S), Schluff (U) und Ton (T) zueinander charakterisiert. Die Bestimmung erfolgt gemäß der ÖNORM L 1061-2, die Einstufung gemäß ÖNORM L 1050. Durch die Bodenart wird unter anderem die Bodenbewirtschaftung wesentlich beeinflusst. Vereinfacht kann die Bodenart als „Bodenschwere“ angegeben werden, wobei nur mehr der Tongehalt berücksichtigt wird. Es gilt folgende Zuordnung (Bezeichnung der Bodenart gemäß ÖNORM L 1050, L... Lehm):

Tabelle 7: Einstufung der Bodenschwere nach dem Tongehalt oder der Bodenart

Bodenschwere	Tongehalt	Bodenart
leicht	unter 15 %	S, uS, lS, sU
mittel	15 - 25 %	tS, U, lU, sL
schwer	über 25 %	L, uL, sT, lT, T

Anmerkung: Das von der österreichischen Finanzbodenschätzung verwendete Schema für die Zuordnung weicht geringfügig von dem nach ÖNORM ab. Es können daher in Grenzbereichen unterschiedliche Zuordnungen auftreten.

Soll nur der Tongehalt ermittelt werden, kann dies durch die Bestimmung der Dichte einer Bodensuspension („Spindelmethode“) erfolgen. Für eine Abschätzung vor Ort kann die Fingerprobe verwendet werden. Die wesentlichen Bestimmungsstücke und deren Bewertung sind in Tabelle 8 wiedergegeben.

Tabelle 8: Kriterien der Fingerprobe

Ausrollbarkeit	Formbarkeit	Bodenschwere
nicht oder höchstens auf Bleistiftstärke (> 7mm Durchmesser) ausrollbar	schlecht bis mäßig	leicht
auf halbe Bleistiftstärke ausrollbar (7 - 2 mm Durchmesser)	mäßig bis gut	mittel
sehr dünn ausrollbar (< 2mm Durchmesser)	sehr gut	schwer

Sehr oft steht der Humusgehalt eines Standortes in einer unmittelbaren Beziehung zur Bodenart. Böden mit höheren Gehalten an Ton- oder Schluff weisen zumeist auch höhere Humusgehalte auf. Auf Freilandflächen sollten die in Tabelle 9 angeführten Humusgehalte angestrebt werden.

Tabelle 9: Gegenüberstellung von Bodenschwere und optimalem Humusgehalt (gem. ÖNORM L 1080) für acker- und gemüsebaulich genutzte Flächen

Bodenschwere	Optimaler Humusgehalt in %
leicht	>2
mittel	>2,5
schwer	>3

Werden die optimalen Gehalte nicht erreicht, kann durch kulturtechnische Maßnahmen wie Zufuhr organischer Substanz (Wirtschaftsdünger, Sekundärrohstoffe), Vermeidung der Abfuhr von Ernterückständen, reduzierte Bodenbearbeitung oder gezielten Zwischenfruchtbau die Humusbilanz verbessert werden.

3.2.3.4 Bodenreaktion – Säuregrad, pH-Wert

Die Bodenreaktion (pH-Wert – gemessen in CaCl_2 gemäß ÖNORM L 1083) ist das Ergebnis von komplexen Vorgängen im Boden. Die Mobilität der Nährstoffe und das Pflanzenwachstum werden von der Bodenreaktion mitbestimmt. Die chemische Bodenreaktion reicht von stark sauer bis stark alkalisch. Die optimale Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen in Abhängigkeit vom pH-Wert ist in Abb. 3 dargestellt.

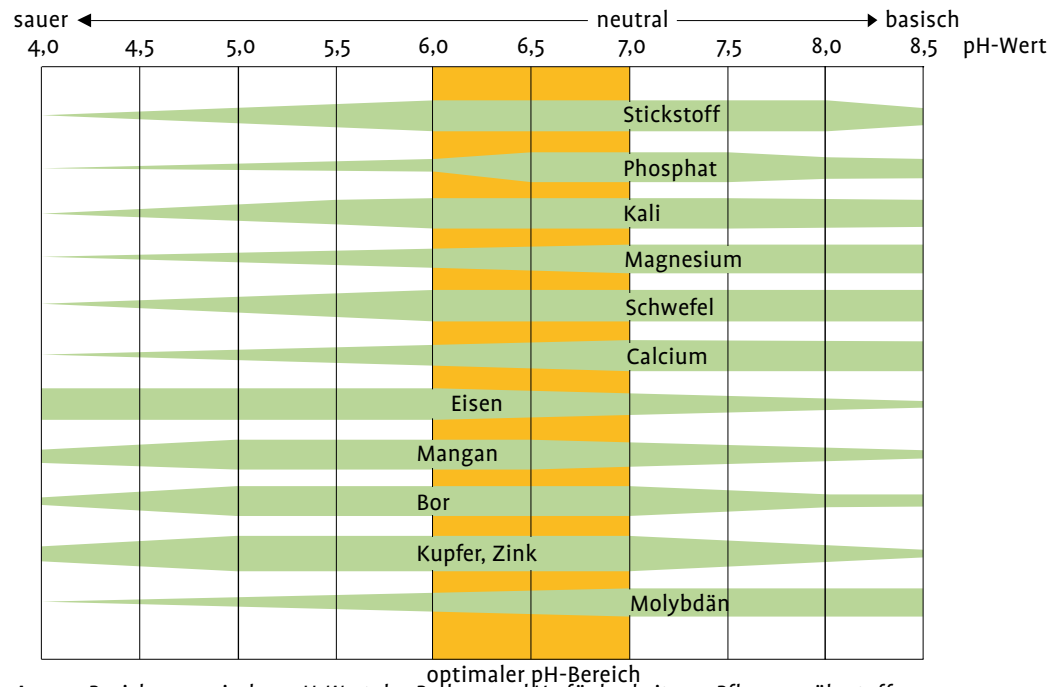


ABB. 2: Beziehung zwischen pH-Wert des Bodens und Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen

Bei pH-Werten unter 5,5 nimmt die Verfügbarkeit der Hauptnährstoffe, aber auch von Molybdän und Schwefel ab. Hingegen sind die Spurennährstoffe Eisen, Mangan und Zink im sauren Bereich besser verfügbar.

Der anzustrebende pH-Wert richtet sich im Wesentlichen nach der Bodenschwere. Wird der anzustrebende pH-Wert unterschritten, so wird eine Kalkdüngung empfohlen. Die erforderliche Kalkmenge kann im Labor durch eine Kalkbedarfsbestimmung ermittelt werden (siehe Richtlinien für die sachgerechte Düngung, 6. Auflage).

TABELLE 10: Anzustrebende pH-Werte in Abhängigkeit von Bodenschwere

Bodenschwere	Anzustrebender pH-Wert
Leicht	über 5
Mittel	über 5,5
schwer	über 6

3.2.3.5 Karbonatgehalt, Karbonatattest

Karbonate haben Bedeutung als Puffersubstanzen, die im Boden auftretende oder in den Boden eingebrachte saure Stoffe neutralisieren können. Die Bestimmung der Karbonate erfolgt nach Scheibler (ÖNORM L 1084). Im Feld kann der Karbonatgehalt durch Versetzen des Bodens mit einigen Tropfen verdünnter Salzsäure (10 % ig) abgeschätzt werden.

TABELLE 11: Bewertung des Karbonatgehaltes nach Scheibler

Karbonatgehalt in %	Einstufung des Karbonatgehaltes
<1	Gering
1 – 5	Mittel
> 5	Hoch

Wird der Karbonatgehalt als gering eingestuft, ist besonders auf die oben erwähnte Kalkdüngungsempfehlung zu achten.

3.2.3.6 Nachlieferbarer Stickstoff

Die Mineralisierung von pflanzenverfügbarem Stickstoff aus organischer Substanz hängt von einer Vielzahl von Standortfaktoren ab, wobei der Witterung (Temperatur, Feuchtigkeit) eine wesentliche Bedeutung zukommt. Abhängig von einer Reihe von Bodeneigenschaften wie Humusgehalt, Tongehalt, pH-Wert, Gefügestruktur oder Porenvolumen ist für jeden Boden ein bestimmtes Mineralisierungspotenzial gegeben, das je nach Witterungsbedingungen mehr oder weniger ausgeschöpft werden kann. Es ist daher nicht möglich, eine unmittelbar anrechenbare Menge an freigesetztem Stickstoff zu ermitteln, allerdings kann durch ein System an Zu- und Abschlägen eine weitere Justierung der Stickstoffdüngung erreicht werden.

Die Abschätzung des Mineralisierungspotenzials kann mit folgenden Methoden erfolgen:

- N-Mineralisierung im anaeroben Brutversuch (nach Kandeler, 1993), Ergebnis in mg N/1000g Feinboden und Woche
- Humusgehalt (trockene Verbrennung gemäß ÖNORM L 1080)

Die Einstufung des N-Mineralisierungspotenzials aufgrund der Ergebnisse der Untersuchung der anaeroben Mineralisierung und des Humusgehalts ist in Tabelle 12 wiedergegeben. Für die praktische Umsetzung in der Düngung wird das Mineralisierungspotenzial durch ein Zu- und Abschlagssystem (siehe Kapitel 1.2.3) berücksichtigt.

TABELLE 12: Einstufung des Stickstoffmineralisierungspotenzials durch die anaerobe Mineralisierung bzw. durch den Humusgehalt

Einstufung des Mineralisierungspotenzials	Anaerobe N-Mineralisierung in mg N/1000 g Feinboden und Woche	Humusgehalt in %
niedrig	unter 35	unter 2
mittel	35 – 75	2 – 4,5
hoch	über 75	über 4,5

3.2.4 Verfügbare Nährstoffe

3.2.4.1 $N_{\min}$ - Untersuchung

Die $N_{\min}$ - Bestimmung bildet die Basis des oben beschriebenen KNS – Systems und erfolgt gemäß der ÖNORM L 1091. Der $N_{\min}$ - Wert erfasst üblicherweise den im durchwurzelbaren Bodenprofil „pflanzenverfügbaren“ mineralischen Stickstoff (Nitratstickstoff und Ammoniumstickstoff). Als durchwurzelbar wird in der Regel eine Bodentiefe bis 90 cm angenommen, für die aktuelle Empfehlung wird allerdings nur die jeweils tatsächlich durchwurzelte Schicht herangezogen.

Tiefe in cm	Trockener Boden (g/100 g)	Faktor		Meßwert ppm	kg N/ha
0-30	85	1,38	x	56	77,3
30-60			x		
60-90			x		

Liegt der Steingehalt des Bodens über 10 %, so ist dies bei der Berechnung ebenfalls zu berücksichtigen, da die Messung nur den Gehalt des Feinbodens ergibt. Der Stickstoffgehalt ist dann um den jeweiligen prozentuellen Steinanteil zu vermindern.

Beispiel:

Berechneter $N_{\min}$ – Gehalt: 77 kg/ha
Geschätzter Steingehalt: 15 %

77 kg sind in $100 - 15 = 85$ % der Bodenmatrix enthalten. Der Gesamtgehalt ist daher mit diesem Prozentsatz zu korrigieren:

$$77 \cdot 100 / (100 - 15) = 65,45$$

Korrigierter $N_{\min}$ - Gehalt (gerundet): 65 kg/ha

Vorteile der Schnelltestmessmethode

Diese Methode ist für den praktischen Anwender sehr einfach und rasch durchzuführen. Für eine Messung benötigt man ca. 10 Minuten.

Fehler durch lange Probenlagerung können minimiert werden.

Mit 10 % durchschnittlicher Abweichung sind die Messergebnisse durchaus praxistauglich.

Es besteht die Möglichkeit, direkt vor dem Düngetermin den aktuellen Bodennitratwert zu bestimmen, und darauf die Düngemenge abzustimmen.

Oftmalige Analysen während der Kultur ermöglichen eine entzugsgerechte Düngung.

3.2.4.3 Analyse und Einstufung der Gehalte an Phosphor und Kalium

Die Bestimmung des Gehaltes an „pflanzenverfügbarem“ Phosphor und Kalium erfolgt im Calcium-Acetat-Lactat (CAL)- Extrakt gemäß ÖNORM L 1087. Bei Böden mit pH-Werten unter 6 werden apatitische Phosphate unzureichend erfasst. In diesem Fall ist entweder eine Bestimmung des Phosphor - Gehaltes im Doppel-Laktat-Extrakt gemäß ÖNORM L 1088 oder eine Berechnung zur Einstufung gemäß ÖNORM L 1087 durchzuführen. Die Ergebnisse werden jeweils in mg Reinnährstoff (P oder K) pro 1000g Feinboden angegeben. Die Zuordnung der Analysenwerte zu den entsprechenden Gehaltsklassen und Versorgungsstufen erfolgt gemäß den Tabellen 14 und 15.

TABELLE 14: Einstufung der Phosphorgehalte

Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	mg P/1000g
A	sehr niedrig	unter 26
B	niedrig	26 – 46
C	ausreichend	47 – 111
D	hoch	112 – 174
E	sehr hoch	über 174

Durch eine Multiplikation der oben angeführten Werte mit dem Faktor 0,23 erhält man den Nährstoffgehalt in der früher üblichen Dimension mg P_2O_5 /100g.

Für die Einstufung des Kaliumgehaltes ist neben dem Gehalt im CAL – Extrakt auch die Bodenschwere (gemessen am Tongehalt) von wesentlicher Bedeutung. Die entsprechenden Zuordnungen sind in Tabelle 15 zusammengefasst

TABELLE 15: Einstufung der Kaliumgehalte unter Berücksichtigung der Bodenschwere

		mg K/1000 g		
		Bodenschwere		
Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	leicht	mittel	schwer
A	sehr niedrig	unter 50	unter 66	unter 83
B	niedrig	50 – 87	66 – 112	83 – 137
C	ausreichend	88 – 178	113 – 212	138 – 245
D	hoch	179 – 291	213 – 332	246 – 374
E	sehr hoch	über 291	über 332	über 374

Durch eine Multiplikation der oben angeführten Werte mit dem Faktor 0,12 erhält man den Nährstoffgehalt in der früher üblichen Dimension mg K_2O /100 g.

Bei der Erstellung der Düngempfehlung ist zusätzlich auf das Verhältnis zwischen Kalium und Magnesium zu achten (siehe Kapitel 4.3)

3.2.4.4 Kaliumfixierung

In tonreichen Böden kann es zur Festlegung von Kalium kommen. Aus dem analytisch ermittelten Wert der Kaliumfixierung (ÖNORM L 1097) wird die zum Ausgleich notwendige Menge an Kaliumdüngung nach folgender Formel ermittelt:

$$\text{Ausgleichsdüngung (kg/ha } K_2O) = (\text{Kaliumfixierung in mg K /1000g} - 249) \times 0,84.$$

3.2.4.5 Analyse und Einstufung der Magnesiumgehalte

Der Gehalt an „pflanzenverfügbarem“ Magnesium wird gemäß ÖNORM L 1092 (Methode nach Schachtschabel) oder im CAT-Extrakt gemäß VDLUFA Methodenbuch ermittelt. Ebenso wie beim pflanzenverfügbaren Kalium spielt die Bodenschwere für die Einstufung eine wesentliche Rolle, die Kulturart ist ohne Belang. Die Zuordnungen der Werte zu den Gehaltsklassen sind in Tabelle 16 angeführt.

TABELLE 16: Einstufung der Magnesiumgehalte unter Berücksichtigung der Bodenschwere

		mg Mg /1000g		
		Bodenschwere		
Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	leicht	mittel	schwer
A	sehr niedrig	-	unter 30	unter 40
B	Niedrig	Unter 50	30 – 55	40 – 75
C	Ausreichend	50 – 75	56 – 105	76 – 135
D	Hoch	76 – 150	106 – 190	136 – 220
E	sehr hoch	über 150	über 190	über 220

Durch eine Multiplikation der oben angeführten Werte mit dem Faktor 0,1 erhält man den Nährstoffgehalt in der früher üblichen Dimension mg Mg/100g.

Bei der Erstellung der Düngeempfehlung ist zusätzlich auf das Verhältnis zwischen Kalium und Magnesium zu achten (siehe Kapitel 4.3)

3.2.4.6 Calciumversorgung

Kalzium ist sowohl Bau- als auch Funktionselement der Pflanze. Es ist Bestandteil der Zellwände und trägt zur Stabilität und Funktionsfähigkeit bei.

Kalzium-Mangel bei Früchten kann zu folgenden Mangelerscheinungen führen: Blütenendfäule bei Tomaten, Melonen, Zucchini, Paprika (blossom-end rot), Schwarzherzigkeit bei Sellerie, Innenblattnekrosen bei Salat und Kohlpflanzen (internal browning), Hohlfeckigkeit bei Möhren und Pastinaken. Salat ist darüber hinaus bei Ca-Mangel stark für Botrytis anfällig

- *Früchte tragende Pflanzen benötigen eine geringe, aber kontinuierliche Versorgung mit Ca⁺⁺*
- *die ausreichende Ca⁺⁺-Versorgung zum Zeitpunkt der Fruchtentwicklung ist wichtiger als vorher*
- *Blatt-Ca⁺⁺-Gehalte sind kein brauchbares Kriterium für die Beurteilung von Ca⁺⁺-Mangelschäden an Früchten - Fruchtanalysen sind zu bevorzugen*
- *der Gehalt an mobilem Ca⁺⁺ ist aussagekräftiger als der Gesamt Ca⁺⁺-Gehalt*
- *die Einlagerung von Ca⁺⁺ in Früchte kann v.a. durch überhöhte Kaligaben auf leichten Böden gehemmt werden (hohe K-Gehalte erniedrigen die Ca-Verfügbarkeit)*
- *bei hoher Luftfeuchtigkeit/geringer Transpiration kann trotz hohen Ca-Angebotes bei intensivem Wachstum Kalzium-Mangel auftreten. Wechselnde Luftfeuchtigkeit wirkt wie ein Pumpmechanismus und begünstigt den Ca-Transport.*
- *schnelles Wachstum kann zu Mangelerscheinungen führen („Ca-Verdünnungseffekt“).*

Düngung

In der Düngung wird die Zufuhr von Kalzium häufig vernachlässigt, ohne zu bedenken, dass höhere NPK - Gaben und Erträge auch den Calciumbedarf der Pflanzen erhöhen. Hinzu kommt, dass versauernd wirkende N-Dünger das Ca-Potential der Böden zunehmend beanspruchen.

In kritischen Entwicklungsphasen mit hohem Calciumbedarf können Blattspritzungen oder Fruchtspritzungen mit CaCl₂ (6-11 kg/ha) oder Ca (NO₃)₂ appliziert werden. Die Versorgung sollte aber durch die Verwendung entsprechender Kalkdünger über den Boden sichergestellt sein.

ERMITTLUNG DES DÜNGEBEDARFS

Die vorliegende Broschüre umfasst das Datenmaterial für die wichtigsten Kulturen des Garten- und Feldgemüsebaus in Form von Kulturdatenblättern. Es wurden dabei folgende Angaben berücksichtigt:

Deutscher Name, Standort (Freiland/geschützter Anbau), Kulturverfahren (gesät/gepflanzt)
botanischer Name
mittlere Ertragslage
Nährstoffentzug der Elemente P, K und Mg
Gesamtstickstoffbedarf, N - Mindestvorrat im Boden zu Kulturende, N - Nachlieferung aus den Ernterückständen, Dauer der Nachlieferung nach der Einarbeitung
Tabelle: Kulturdauer, praxisübliche Düngungstermine, periodenbezogene Angaben zu Bedarf, Mindestvorrat und die durchwurzelte Tiefe
graphische Darstellung des Stickstoffbedarfs im Kulturverlauf

Die Daten für den N - Bedarf, den N - Mindestvorrat und den Entzug an P, K und Mg sind zusätzlich in den Tabellen 2, 3 und 5 zusammengefasst

4.1 BERECHNUNG DES STICKSTOFFDÜNGEBEDARFS

Die Ermittlung des Düngbedarfes auf der Basis von Richtwerten sowie unter Berücksichtigung des Nachlieferungspotentials ist in den Kapiteln 1.2.2 und 1.2.3 beschrieben. Beispiele für die Düngbedarfsermittlung nach dem KNS - System sind im Kapitel 1.2.4 angeführt. Im Folgenden wird die Verwendung der Kulturdatenblätter für die N - Düngbedarfsermittlung detailliert beschrieben.

Wie bereits erwähnt wurde, kann durch die Anwendung insbesondere des KNS - Systems das Risiko von Stickstoffverlusten deutlich verringert werden

4.2 KNS - SYSTEM

Der Stickstoffbedarf der Kulturen wurde gemäß den Vorgaben des kulturbegleitenden Stickstoff - Sollwert - Systems (KNS) detailliert erfasst. Zunächst wurde die gesamte Kulturdauer in Perioden (Wochen, 14 Tage, Monate) unterteilt. Jeder Periode wurde ein spezifischer Stickstoffbedarf zugeordnet. Zusätzlich erfolgte die Angabe des notwendigen Stickstoff - Mindestvorrates im Boden und die jeweils durchwurzelte und damit genutzte Bodentiefe. Für die praxisüblichen Düngungstermine wurden die Stickstoff - Sollwerte berechnet. Sie errechnen sich aus dem Bedarf der Kultur bis zum nächsten vorgeschlagenen Düngungstermin und dem Mindestvorrat im Boden. Der Bedarf in der Periode, in der die Düngung erfolgen soll, ist in der Berechnung für den jeweils vorhergehenden Düngungstermin zu berücksichtigen.

Berechnungsbeispiel:

Chinakohl, gesät, 12 Wochen, mittlere Ertragslage
Angaben in kg Reinstickstoff / ha

Sollwert Grunddüngung = Mindestvorrat + Entzug der 1., 2., 3. und 4. Periode
SWGD = 40 + 0 + 5 + 10 + 15 = 70

Sollwert 1. Kopfdüngung (4. Periode) = Mindestvorrat + Entzug der 5., 6. und 7. Periode
SWKD1 = 40 + 20 + 20 + 25 = 105

Sollwert 2. Kopfdüngung (7. Periode) = Mindestvorrat + Entzug der 8., 9., 10., 11. und 12. Periode
SWKD2 = 40 + 30 + 25 + 25 + 15 + 10 = 145

Die Sollwertberechnung kann nach diesem Verfahren für jeden beliebigen Zeitpunkt und über jeden beliebigen Zeitraum durchgeführt werden.

Die Berechnung der Stickstoffdüngung erfolgt auf der Basis des Sollwertes, wobei der Stickstoffvorrat des Bodens ($N_{\min}$ - Gehalt), die Menge an Stickstoff aus der Mineralisation von Ernterückständen der Vorkultur und organischen Düngern sowie aus dem Eintrag durch Gießwasser abgezogen werden.

Sollwert (Mindestvorrat + Bedarf)	(kg N/ha)
- $N_{\min}$ -Gehalt	(kg N/ha)
- Mineralisation	(kg N/ha)
- Eintrag durch das Gießwasser	(kg N/ha)
= Düngbedarf für die gesamte Kultur	(kg N/ha)

Wurde keine Bodenuntersuchung durchgeführt und ist daher der $N_{\min}$ -Gehalt nicht bekannt, darf der Mindestvorrat nur beim ersten Düngungstermin berücksichtigt werden. Die Düngemenge für die verbleibenden Termine ergibt sich in diesem Fall nur aus dem Bedarf der Kultur und den entsprechenden Abzügen. Durch das Fehlen der $N_{\min}$ - Untersuchung ist jedoch mit großen Ungenauigkeiten zu rechnen, die Anwendung des exakten KNS - Systems ist nur in Verbindung mit einer Bodenanalyse sinnvoll.

Beispiel:
Chinakohl, 12 Wochen, gesät, Vorkultur Kopfsalat (25 kg N /ha in 4 Wochen), Bewässerung 150 mm mit 50 mg Nitrat /l

Berechnung der Grunddüngung

	kg N/ha
Sollwert	70
$N_{\min}$	- 45
Mineralisation (Vorkultur Kopfsalat)	- 25
Eintrag durch Gießwasser	Keine Bewässerung
Düngbedarf	0

Berechnung der 1. Kopfdüngung

	kg N/ha
Sollwert	105
$N_{\min}$	- 50
Mineralisation (Vorkultur Kopfsalat)	Mineralisierung erschöpft
Eintrag durch Gießwasser	- 17 (150 mm)
Düngbedarf	38

Berechnung 2. Kopfdüngung

	kg N/ha
Sollwert	145
$N_{\min}$	- 90
Mineralisation (Vorkultur Kopfsalat)	Mineralisierung erschöpft
Eintrag durch Gießwasser	Keine Bewässerung
Düngbedarf	55

4.3 BERECHNUNG DES DÜNGEBEDARFS FÜR P, K UND MG

Im Gegensatz zum Stickstoff, der in seiner mineralischen Form überwiegend pflanzenverfügbar ist, sind die Nährstoffe P, K und Mg im Boden mehr oder weniger fest gebunden. Die Verfügbarkeit hängt in diesem Fall nicht nur von den im Wasser gelösten Anteilen, sondern auch von der Aktivität der Pflanzenwurzeln und der Mikroorganismen im Boden ab. Eine unmittelbare Verwendung der Gehalte im Boden für die Düngungsbe-rechnung wie im Fall des Stickstoffs ist daher nicht möglich. Allerdings wurden in zahlreichen Versuchen Wertebereiche ermittelt, die eine Einschätzung des Versorgungsgrades des Bodens ermöglichen. Ausge-hend von diesen Versorgungsklassen kann die notwendige Düngermenge berechnet werden. Als Basis der Berechnung dient der Wert für die Düngung bei Gehaltsstufe C. Diese Werte sind durch die Entzüge (= Feld-abfuhr) einzelner Kulturen festgelegt. Die Differenz zu der für den gesamten Aufwuchs erforderlichen Nähr-stoffmenge kann durch die Rücklieferung aus den Ernterückständen abgedeckt werden. Bei der erstmaligen Anwendung dieses Berechnungsmodells ergibt sich zwar dadurch eine negative Bilanz, es konnte jedoch in zahlreichen Versuchen nachgewiesen werden, dass dies in gemüsebaulich genutzten Böden durch die Nach-lieferung aus dem Bodenvorrat ausgeglichen werden kann. Lediglich bei Böden mit den Versorgungsklassen A oder B könnte diese Negativbilanz im ersten Jahr zu einer geringfügigen Ertragsminderung führen.

Die in den Datenblättern und in Tabelle 5 angegebenen Werte sind je nach Gehaltsstufe mit folgenden Faktoren zu multiplizieren:

Gehaltsstufe	Faktor
A	1,5
B	1,25
C	1
D	0,5
E	0

Beispiel 1:
Chinakohl, 12 Wochen, gesät

Die Bodenanalysen zeigen folgende Ergebnisse:

P: 32 mg/kg Versorgungsklasse B (niedrig)
K: 167 mg/kg Versorgungsklasse C (ausreichend)
Mg: 140 mg/kg Versorgungsklasse D (hoch)

Berechnung:

Nährstoff	Faktor		Düngung bei Gehaltsklasse C		Düngung
			kg / ha		kg / ha
P ₂ O ₅	1,25	x	60	=	85
K ₂ O	1	x	180	=	180
MgO	0,5	X	20	=	10

Zusätzlich zur absoluten Versorgung mit Kalium und Magnesium sollte auch das Verhältnis dieser beiden Nährstoffe zueinander beachtet werden, da sie antagonistisch wirken können. Liegt das K/Mg - Verhältnis unter einem Wert von 1,7, besteht die Gefahr eines latenten Kaliummangels. In diesem Fall ist eine Düngung wie für die nächst niedrigere Gehaltsklasse zulässig. Diese Voraussetzung gilt allerdings nicht für eine Kali-umversorgung der Gehaltsklasse E. Gleiches gilt für die Düngung mit Magnesium, wobei als Grenzwert ein K/Mg – Verhältnis größer als 5 angesehen wird.

Beispiel 2:

Chinakohl, 12 Wochen, gesät

Die Bodenanalysen zeigen folgende Ergebnisse:

K: 167 mg/kg Versorgungsklasse C (ausreichend)
 Mg: 210 mg/kg Versorgungsklasse E (sehr hoch)
 K/Mg – Verhältnis: $167:210 = 0,8$

Kaliumdüngung wie für Versorgungsklasse B zulässig (Faktor 1,25)

Beispiel 3:

Chinakohl, 12 Wochen, gesät

Die Bodenanalysen zeigen folgende Ergebnisse:

K: 350 mg/kg Versorgungsklasse E (sehr hoch)
 Mg: 50 mg/kg Versorgungsklasse B (niedrig)
 K/Mg – Verhältnis: $350 : 50 = 7$

Magnesiumdüngung wie für Versorgungsklasse A zulässig (Faktor 1,5)

4.4 ERTRAG UND NÄHRSTOFFBEDARF

Die in den Datenblättern angeführten Nährstoffmengen beziehen sich auf den angegebenen Ertragsbereich. Liegt der erwartete Ertrag unter dem Ertragsbereich, ist der Nährstoffbedarf um 20 % zu reduzieren. Liegt der erwartete Ertrag über dem angegebenen Bereich, ist eine Erhöhung des Bedarfs um bis zu 25 % zulässig. Für Stickstoff kann diese Regel generell angewandt werden, bei den Nährstoffen Phosphor, Kalium und Magnesium ist es allerdings nur dann zulässig, wenn die Versorgung des Bodens nicht mit Gehaltsklasse D oder E eingestuft ist.

Beispiel 1:

Chinakohl, 12 Wochen, gesät

Erwarteter Ertrag: 40 t/ha

Bodenuntersuchung: P, K und Mg – Gehaltsklasse C;

Bedarf für die Mittlere Ertragserwartung in kg/ha (Ertrag zwischen 50 und 70 t/ha):

N : 200
 P₂O₅: 60
 K₂O: 180
 MgO: 20

Bedarf für den erwarteten Ertrag (40t/ha) in kg/ha – Reduktion um 20 %:

N: $200 - 40 = 160$
 P₂O₅: $60 - 12 = 48$
 K₂O: $180 - 36 = 144$
 MgO: $20 - 4 = 16$

Beispiel 2:

Chinakohl, 12 Wochen, gesät

Bodenuntersuchung: P und Mg – Gehaltsklasse C; K – Gehaltsklasse D

Erwarteter Ertrag: 80 t/ha

Bedarf für die Mittlere Ertragserwartung in kg/ha (Ertrag zwischen 50 und 70 t/ha):

N : 200
 P₂O₅: 60
 K₂O: 180
 MgO: 20

Maximaler Bedarf für den erwarteten Ertrag (80t/ha) in kg/ha – Erhöhung um 25 %:

N : $200 + 50 = 250$
 P₂O₅: $60 + 15 = 75$
 K₂O: $180 + 0 = 180$ (keine Erhöhung, da Gehaltsklasse D)
 MgO: $20 + 5 = 25$



Franz Achleitner mit dem marktreifen Chinakohl aus Eferding

DÜNGUNG IM GESCHÜTZTEN ANBAU MITTELS TRÖPFCHENBEWÄSSERUNG

Im geschützten Anbau erfolgt die Düngung vorwiegend in Kombination mit der Tröpfchenbewässerung (Fertigation), um die Kultur angepasst an den Wachstumsverlauf optimal mit Nährstoffen zu versorgen.

5.1 BODENANALYSEN IM GESCHÜTZTEN ANBAU

Für die Durchführung einer Bodenprobennahme und -analyse gelten grundsätzlich die gleichen Voraussetzungen wie im Freiland. Durch die konzentrierte Ausbringung der Düngemittel befindet sich die Hauptwurzelmasse der Pflanzen im Bereich der Tropfstelle. Bodenproben sollten daher bevorzugt in der näheren Umgebung der Tropfstelle gezogen werden. Bei der Probennahme nach Kulturende sollte beachtet werden, dass diese Bereiche durch den Pflanzenentzug geringere Mengen an Nährstoffen enthalten. Bei der Verwendung von Überkopf – Beregnern besteht in den Überlappungsbereichen eine stärkere Tendenz zur Verlagerung von Nährstoffen in tiefere Bodenschichten. Im Bereich der Gänge sind im Allgemeinen relativ hohe Gehalte nachzuweisen, da weder ein Entzug durch die Pflanze noch eine Tiefenverlagerung stattgefunden haben.

5.2 DÜNGERDOSIERUNG

Bei der Düngerdosierung wird zwischen dem Konzentrationskonzept und dem Mengenkonzzept unterschieden. Im ersten Fall wird die Nährlösung mit jedem Gießvorgang zudosiert. Nachteil dieses Verfahrens ist die Abhängigkeit der Düngung von der Bewässerungsmenge. Beim Mengenkonzzept wird die auszubringende Nährstoffmenge in Tages- oder Wochenrationen festgelegt. Die Düngerdosierung sollte durch variable Zuschaltung der Düngerlösung zur Bewässerung erfolgen.

5.3 DÜNGUNG MIT TRÖPFCHENBEWÄSSERUNG

Bei Kulturen mit Tröpfchenbewässerung kann auf eine mineralische Grunddüngung mit Stickstoff verzichtet werden, da je nach Bedarf sofort nach der Pflanzung mit der Flüssigdüngung begonnen werden kann. Lediglich Phosphor, Kalk und ein Teil des Kaliums können vorab eingearbeitet werden. Stickstoff sollte nur bei starker Unterversorgung der Böden vor Kulturbeginn eingesetzt werden. Die zu verabreichende Düngermenge wird in g/m² pro Woche berechnet. Sobald die berechnete Düngermenge in der laufenden Woche ausgebracht ist, wird an den verbleibenden Tagen nur noch bewässert (nur möglich bei variabler Zuschaltung). Die Tröpfchenbewässerung sollte etwa zwei Wochen vor Kulturende eingestellt werden um eine für die Bodenbearbeitung vor der Folgekultur günstige Bodenfeuchte zu erreichen.

Die benötigte Düngermenge wird in einer entsprechenden Menge Wasser gelöst („Stammlösung“) und im Stammlösungsbehälter aufbewahrt. Werden Nährstoffe in Sulfatform verwendet (z.B. Kaliumsulfat), besteht eine Unverträglichkeit mit kalziumhaltigen Düngemitteln (z.B. Kalksalpeter), die zu Ausfällungen führt. In diesem Fall sind die Stammlösungen in getrennten Behältern anzusetzen. So kann z.B. Stammlösung A vorwiegend Hauptnährstoffe und Stammlösung B zusätzlich verstärkt Spurenelemente enthalten.

Beispiel

Stammlösung A	Stammlösung B
Kalksalpeter	Kalialpeter
Kalialpeter	Kaliumsulfat
Ammoniumnitrat	Monoammonphosphat
Eisenchelat	Bittersalz
	Mangansulfat
	Borax
	Natriummolybdat

Bei der Herstellung von Fertigungs-lösungen ist darauf zu achten, dass sich die verwendeten Düngemittel vollständig lösen. Häufig verwendete Düngemittel sind im Kapitel 6.8 angeführt.

5.4 ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT – „EC WERT“

Die elektrische Leitfähigkeit ist ein Maß für die Menge an Salzen, die in der Nährlösung gelöst sind. Sie wird üblicherweise in mS pro cm, manchmal auch in µS pro cm angegeben. Die in der Praxis übliche Bezeichnung „EC – Wert“ bezieht sich auf die elektrische Leitfähigkeit (im Englischen „Electric Conductivity“ = EC) in der Dimension mS/cm.

Bei der Düngung ist darauf zu achten, dass die Leitfähigkeit im pflanzenverträglichen Bereich liegt. Bei zu niedrigem Wert kann ein Nährstoffmangel, bei zu hohen Werten Salzstress auftreten, da die Wasseraufnahme und die Transpiration der Pflanze beeinträchtigt werden. Symptome eines zu hohen Salzgehaltes sind gehemmtes Wachstum, gedrungener Wuchs, kleine dunkle Blätter und schnellere Blütenbildung. Über gezielte Veränderung der Leitfähigkeit ist auch eine Steuerung der Kultur möglich. Je nach Pflanzensorte und Größe gelten unterschiedliche Werte als optimal. Es ist zu beachten, dass auch das Brauchwasser zur Erstellung der Stammlösungen und das Bewässerungswasser einen gewissen Salzgehalt haben. Bei der Kultur in Erde sollte auch der Salzgehalt im Boden beachtet werden. Es ist somit schwierig, allgemein gültige Optimalwerte anzugeben, da diese je nach den vorherrschenden Bedingungen wie Entwicklungsstadium der Kultur, Witterung und Bodeneigenschaften unterschiedlich sind. Größere Bedeutung hat die Leitfähigkeit in der erdelosen Kultur, die Tabelle 17 zeigt Richtwerte für die Kultur in Steinwolle. In der Erdkultur sind die Optimalwerte meist niedriger angesetzt.

TAB. 17: Richtwerte für ein optimales Nährstoffangebot bei einzelnen Fruchtgemüsearten in erdeloser Kultur (Steinwolle) bei offener Bewässerung, (nach SONNEVELD und STRAVER 1994)

	mS/cm, bei 25 °C
Tomaten	2,6
Gurken	2,2
Paprika	2,2

5.5 VERWENDUNG VON REGENWASSER

Liegt der Härtegrad von Brunnenwasser über 12° dH, enthält es Calcium und Magnesium in ausreichender Menge. Wird dagegen Regenwasser oder extrem weiches Brunnenwasser verwendet, kann insbesondere auf leichten Böden eine Unterversorgung mit diesen Elementen auftreten. Dies ist bei der Düngung unbedingt zu berücksichtigen.

5.6 NÄHRSTOFFVERHÄLTNIS, BERECHNUNG DES DÜNGEBEDARFS

In der Nährlösung sollte folgendes Nährstoffverhältnis angestrebt werden:

N : P₂O₅ : K₂O : MgO : CaO
1,0 : 0,3 : 1,8 : 0,2 : 1,6

Zur Berechnung des Düngbedarfes von Fruchtgemüse können die in Tabelle 18 angeführten Werte herangezogen werden:

TABELLE 18: Nährstoffbedarf für Fruchtgemüse in g für jeweils 1 kg Ertrag

Kultur	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO
Gurke	1,7	0,6	2,9	0,5	1,6
Tomate	1,9	0,6	3,2	0,6	1,6
Paprika	2,1	0,7	3,6	0,4	1,8

Beispiel

Für einen Ertrag von 20 kg/m² Tomaten besteht ein Nährstoffbedarf von

$$20 \cdot 1,9 \text{ g/m}^2 \text{ N} = 38 \text{ g/m}^2 \text{ N} = 380 \text{ kg/ha N}$$

Bei Gurken, Tomaten und Paprika sollten im Bereich der Tropfstelle (=aktiver Wurzelraum) in der Tiefe von 0 – 30 cm ca. 200 kg/ha als Nitrat – N vorhanden sein. Da bei der Tröpfchenbewässerung nicht die ganze Bodenfläche befeuchtet wird und sich somit auch der Wurzelraum reduziert, ist die Angabe des Nährstoffgehaltes in kg/ha nur bedingt richtig. Zum Beispiel werden von den Pflanzen bei 3 bis 4 Tropfstellen /m² nur ca. 20 bis 25 % des gesamten möglichen Wurzelraumes genutzt. Bei einem festgestellten Gehalt von 200 kg / ha N liegt der verfügbare Anteil daher nur bei 40 bis 50 kg / ha N. Die Analysen sollten daher, wie bereits weiter oben erwähnt, nur an Probenmaterial aus dem Bereich der Tropfstellen vorgenommen werden. In diesem Fall kann der festgestellte N_{min} – Gehalt zu 100 % angerechnet werden.

Stammlösungen

Fertige Stammlösungen werden teilweise von Düngemittelproduzenten angeboten, gelegentlich ist aber die Herstellung von „Eigenmischungen“ sinnvoll. Im Folgenden ist ein Beispiel für die Berechnung von Düngerkonzentrationen in einer Stammlösung angeführt, die kein P₂O₅ enthalten soll:

25 g Ammoniumnitrat (z.B.: 34 % N)	8,5 g N
75 g Kalisalpeter (13 % N, 46,0 % K ₂ O)	9,75 g N und 34,5 g K ₂ O
18 g Magnesiumnitrat (10 % N, 16 % MgO)	1,8 g N und 2,88 g MgO
	= 20 g N
	= 34,5 g K ₂ O
	= 2,7 g MgO

Der Stickstoffgehalt in 1 Liter Stammlösung (1000 g) beträgt

$$20 \text{ g} : 1000 \text{ g} \cdot 100 \% = 2 \%$$

Die oben angegebene Stammlösung enthält somit folgende Nährstoffkonzentrationen

2 % N 0 % P₂O₅ 3,5 % K₂O 0,27 % MgO

HANDELSÜBLICHE MINERALDÜNGER IM GARTEN- UND FELDGEMÜSEBAU

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über die wichtigsten im Garten- und Feldgemüsebau verwendeten mineralischen Düngemittel und deren Eigenschaften.

6.1. STICKSTOFFDÜNGER

TABELLE 19: Mineralische Stickstoffdüngerformen

Düngertyp	Bezeichnung	Chemische Bezeichnung	N in % (Mindestgehalte ¹)
Nitratdünger	Kalksalpeter	Ca(NO ₃) ₂	15
	Magnesiumnitrat	Mg(NO ₃) ₂	10
Ammoniumdünger	Ammonsulfat	(NH ₄) ₂ SO ₄	20
Ammonnitratdünger	Kalkammonsalpeter	NH ₄ NO ₃ + CaCO ₃	20
	Ammonsulfatsalpeter	(NH ₄) ₂ SO ₄ NH ₄ NO ₃	25
Amid (Harnstoff)	Harnstoff	CO(NH ₂) ₂	44
	Kalkstickstoff	CaCN ₂	18
Harnstoffderivate	ID-Harnstoff	Isobutylidendiurea	28
	CD-Harnstoff	Crotonylidendiurea	28
	Formaldehydharnstoff	Ureaform	36
Andere Langzeitdünger	Oxamid	Oxalsäurediamid	32
	Umhüllte N-Dünger	Diverse N Dünger	-
Nitrifikationshemstoffe	DCD	Dicyandiamid	-
	DMPP	Dimethylpyrazolphosphat	-

¹ Laut EG-Verordnung 2003/2003

Kalksalpeter

mind. 15 % N

besteht zu 82 % aus Calciumnitrat, zu 5 % aus Ammoniumnitrat und Kristallwasser.

Weißes, leicht wasserlösliches, als Dünger gekörntes Salz, stark hygroskopisch, wirkt im Boden alkalisch.

Ammon(ium)sulfat (schwefelsaures Ammonium)

mind. 20 % N

Auf chemischem Wege gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Ammoniumsulfat enthält (21 % N, 24 % S). Weiß - graues nadelförmiges Salz, gut wasserlöslich, wenig hygroskopisch.

Wirkt versauernd auf den Boden, für säureliebende Pflanzen geeignet. Relativ niedriger N - Gehalt, hoher Schwefelgehalt. NH₄ ist direkt aufnehmbar, wird zum Teil an negativ geladenen Kolloiden des Bodens adsorbiert -> Verringerung der Mobilität -> geringere Auswaschungsgefahr. Umwandlung von Ammonium in Nitrat durch Nitrifikation in 2 Stufen (Nitrosomonas und Nitrobacter).

Ammon(ium)nitrat

mind. 20 % N

Auf chemischem Weg gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Ammoniumnitrat enthält.

Reines Ammonnitrat ist ein weißes, wasserlösliches, hygroskopisches Salz mit 35 % N.

Ammonnitrat zersetzt sich bei Erhitzung, bei gleichzeitiger Anwesenheit von organischen Substanzen (z.B. Schmiermittel, Holz, Papier) besteht Explosionsgefahr.

Für Ammonnitrat mit mehr als 28 % N gelten besondere Sicherheitsvorschriften:

Im Anhang III der EG-VO 2003/2003 werden diesbezüglich Merkmale und Grenzwerte festgelegt (Ölrückhaltevermögen, brennbare Stoffe, pH, Chlor, Schwermetalle):

- *Ammonnitrat mit > 28 % N darf nur verpackt vermarktet werden,*
- *im Lagerraum dürfen keine feuergefährlichen oder brennbaren Stoffe gelagert werden, es besteht Rauchverbot und Umgang mit offenem Licht ist nicht gestattet.*
- *Elektrische Anlagen und Maschinenteile dürfen nicht mit AN in Berührung kommen.*
- *Verunreinigungen mit organischen Stoffen sind zu vermeiden, AN darf nicht mit anderen Düngern vermischt werden.*
- *Durch Zusatz von inerten Stoffen (v.a. Kalk, Dolomit, Gips) wird die Zersetzungsgefahr deutlich herabgesetzt.*

Kalkammonsalpeter (KAS), Nitramoncal (NAC)

mind. 20 % N

Auf chemischem Weg gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Ammonnitrat sowie Zusätze wie gemahlenen Kalkstein, Calciumsulfat und Dolomit enthalten kann (mind. 20 % in 90 % er Reinheit). Weißliches Granulat, Mischung aus Ammoniumnitrat und Kalk oder Dolomit, enthält in Österreich meist 27 % N. Wirkt schnell bzw. mäßig schnell und leicht bodenversauernd. Durch Kalkzusatz wird die Säurewirkung kompensiert.

Ammonsulfatsalpeter (ASS)

mind. 25 % N

Auf chemischem Weg gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Ammonnitrat und Ammonsulfat enthält, mind. 5 % Nitratstickstoff, 13 % Schwefel.

Ist wasserlöslich und schwach hygroskopisch, wird meist granuliert angeboten.

Wirkt stark bodenversauernd, N ist überwiegend mäßig schnell wirkend, Schwefel schnell wirkend.

Harnstoff (Carbamid)

mind. 44 % N

Auf chemischem Weg gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Carbamid enthält.

Weiß organische Verbindung, gut wasserlöslich bis 46 % N.

Fester Harnstoff kommt geprillt oder granuliert in den Handel.

Der Biuretgehalt (Biuret wirkt auf Pflanzen giftig) ist mit 1,2 % begrenzt.

Harnstoff kann zwar über die Wurzel als Molekül aufgenommen werden, wegen der erforderlichen Umsetzung ist die Wirkung über den Boden langsam, bei Anwendung über das Blatt besteht eine unmittelbare Wirkung. Harnstoff sollte sofort eingearbeitet werden, da sonst gasförmige NH_3 -Verluste auftreten. Zu hohe Harnstoffgaben können zu Wurzelverätzungen führen.

Kalkstickstoff

mind. 18 % N

Auf chemischem Weg gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Calciumcyanamid enthält.

Grau-schwarzes (Kohlenstoff), wasserunlösliches Pulver bis 22 % N.

Kommt ungeölt, geölt, als Kornkalkstickstoff oder Perlkalkstickstoff in den Handel, wirkt ätzend, giftig beim Einatmen.

Wirkt wegen der Umsetzungsvorgänge langsam, hat starke Kalkwirkung. Da Cyanamid für alle Pflanzen toxisch ist, muss vor dem Anbau von Kulturpflanzen eine Wartezeit eingehalten werden, um Keimschäden zu vermeiden (2-3 Tage pro dt/ha).

Es entsteht entgegen manchen Behauptungen kein Cyangas, sondern Cyanamid, das im Boden verbleibt.

Ein Teil wird zu Dicyanamid, das die Nitrifikation verzögert (=Nitrifikationshemmstoff).

Herbizide Wirkung: gegen keimende und auflaufende Unkräuter ca. 2 Wochen vor der Saat 2-3 cm tief in den Boden einarbeiten.

Fungizide Wirkung: Dauersporen von Pilzen werden vernichtet bzw. am Auskeimen gehemmt (Kohlhernie, Sclerotinia, Phytophthora, etc).

Tierische Schädlinge: gewisse Wirkung gegen Schnecken und Drahtwürmer

Ammonitratharnstofflösung (AHL)

mind. 26 % N

Mischung aus 50 % Harnstoff-N, 25 % Ammonium-N, 25 % Nitrat-N

Über den Boden entfaltet sich sowohl eine rasche (Nitrat-N) als auch eine langsame N-Wirkung (Harnstoff-N).

Anwendungshinweise:

- Nicht bei Hitze ($>25^\circ\text{C}$) und starker Sonne ausbringen
- Keine nassen Pflanzen behandeln
- Keine Messingdüsen einsetzen, keine Geräte mit verzinkten Eisenteilen, Geräte nach der Arbeit reinigen
- Großtropfig ausbringen (Druck $< 1,5\text{ bar}$), sonst Verätzungen (Verletzung der Wachsschicht) möglich.
- Bei Getreide nicht während oder nach dem Ährenschieben ausbringen (Beschädigung der Spelzflächen)
- Konzentration: Entweder unverdünnt anwenden oder mit mindestens 3 Teilen Wasser verdünnen
- AHL Lagerstätten benötigen eine Baugenehmigung

Langzeitdünger bzw. Depotdünger

Sind Dünger mit besonders langsamer Wirkung, dienen einer längerfristigen, gleichmäßigen N –Versorgung.

2 Arten sind möglich:

- Einbau des Stickstoffs in schwer abbaubare Ketten und Ringverbindungen, insbesondere Kondensationsprodukte des Harnstoffs.
- Umhüllung wasserlöslicher Dünger mit Folien, Harzen, etc., die nur langsam porös werden oder platzen.

Methodisch unterscheidet man folgende N - Fraktionen:

- in kaltem Wasser löslich: relativ rasche Freisetzung
- in heißem Wasser löslich: langsame Wirkung
- in heißem Wasser unlöslich: extrem langsam wirksam

Formaldehydharnstoff: 36 % N, 3/5 in warmem Wasser löslich

Crotonylidendiarnstoff: 28 % N

Isobutylidendiarnstoff: 28 % N

Nitrifikationshemmstoffe

Hemmen die Nitrifikation, d.h. die Umwandlung von Ammonium in Nitrat.

NH_4 ist energetisch für die Pflanze vorteilhafter, weil es direkt in Aminosäuren und Proteine eingebaut werden kann, die Auswaschungsgefahr ist geringer als bei NO_3 .

Nitrapyrin: N-serve in Japan zur Reisdüngung

Dicyandiamid (DCD, Didin): Alzon

3,4 Dimethylpyrazolphosphat (DMPP, Handelsname ENTEC)

Die Wirkung ist umso besser, je höher die Niederschläge nach der Düngung sind bzw. je intensiver beregnet wird.

Nitrifikationshemmstoffe sind besonders auf leichten, sandigen Böden geeignet.

Vorteile: niedrigere Nitratgehalte bei Gemüse, geringere Gehalte an α -Amino Stickstoff bei Zuckerrübe, reduzierte Nitratauswaschung (Bedeutung besonders in Wasserschongebieten), weniger gasförmige Verluste (klimarelevante Spurengase), weniger Arbeitsgänge.

6.2 PHOSPHATDÜNGER

TABELLE 20: P-Mineraldünger

Düngertyp	Chemische Bezeichnung	Löslichkeit	Chem. Reakt.	P ₂ O ₅ % (Mindestgehalte)
Superphosphat	Ca (H ₂ PO ₄) ₂ + CaSO ₄	wasserlösl. (93 %) ammoncitratlösl.	schwach versauernd	16
Triplesuperphosphat	Ca (H ₂ PO ₄) ₂	wasserlösl. (93 %) ammoncitratlösl.	schwach versauernd	38
Teilaufgeschlossenes Phosphat (z.B. Novaphos)	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ CaHPO ₄	wasserlösl. (>40 %) citronensäurelösl. (30 %) mineralsäurelösl.	schwach vers.	20
Weicherdiges Rohphosphat	Apatit	ameisensäurelösl. >55 %	alkalisch	25
Mono- und Diammoniumphosphat (Zweinährstoffdünger)	NH ₄ H ₂ PO ₄ (NH ₄) ₂ HPO ₄	wasserlösl.		48 46

Einfaches Superphosphat

mind. 16 % P₂O₅

Durch Aufschluss von gemahlenem Rohphosphat mit Schwefelsäure gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Monocalciumphosphat sowie Calciumsulfat enthält.

Triple - Superphosphat

mind. 38 % P₂O₅

Durch Aufschluss von gemahlenem Rohphosphat mit Phosphorsäure gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Monocalciumphosphat enthält.

Grau, grob granuliert.

Phosphat wird bewertet als neutral-ammoncitratlösliches P₂O₅, bei dem mindestens 93 % des zugesicherten Gehalts an P₂O₅ in Wasser löslich sind.

Superphosphate wirken rasch und schwach versauernd. Sie sind meist granuliert und daher gut lager- und streubar.

(Weicherdiges) Rohphosphat (Hyperphosphat)

mind. 25 % P₂O₅

Durch Vermahlen weicherdiger Rohphosphate gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil

Tricalciumphosphat sowie Calciumcarbonat enthält.

Phosphat wird bewertet als mineralsäurelösliches P₂O₅ bei dem mindestens 55 % des zugesicherten Gehalts an P₂O₅ in 2 % Ameisensäure löslich sind.

Mindestens 90 % müssen bei 0,063 und 99 % bei 0,125 mm lichter Maschenweite siebbar sein.

Rohphosphat ist umso besser verfügbar, je niedriger der pH-Wert des Bodens, je besser die Durchfeuchtung und je intensiver die biologische Aktivität ist. Es kommt daher bei einem pH-Wert < 6-6,5 zum Einsatz.

Rohphosphate wirken wegen des Gesamt CaO-Gehalts von 45-50 % pH-Wert erhöhend.

Ist nach den Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft (EU-Verordnung: EG 2092/91 und 1073/2000) zum Einsatz im biologischen Landbau zugelassen.

6.3 KALIUMDÜNGER

TABELLE 21: K-Mineraldünger

Düngertyp	Formel des K-Anteils	Nebenbestandteile	K ₂ O % (Mindestgehalte ²)
Magnesia-Kainit Kalirohsalz	KCl	NaCl, MgCl ₂ , MgSO ₄ etc.	10
Kaliumchlorid 40er Kali 60er Kali	KCl	NaCl etc.	37 57
Patentkali	K ₂ SO ₄	MgSO ₄	22
Kaliumsulfat (schwefelsaures Kali)	K ₂ SO ₄	MgSO ₄ , KCl	47

² Laut EG-Verordnung 2003/2003

Magnesia-Kainit Kalirohsalz (KCl)

mind 10 % K₂O, mind. 5 % MgO

Aus Kalirohsalzen gewonnenes Erzeugnis. Weißes oder leicht farbiges Salz, gekörnt, Nebenbestandteile NaCl, MgCl₂, MgSO₄

Spezielle Bedeutung für das Grünland und im Feldfutterbau. Die wesentliche Stärke dieses Düngers liegt in seinem Magnesiumgehalt (5 % MgO) und dem für die Tierernährung wichtigen Natrium (20 % Na).

Im ökologischen Landbau ebenso wie in staatlich geförderten Extensivierungsprogrammen zugelassen (EG-Verordnungen 2092/91 und 1073/2000 Anhang).

Kaliumchlorid (KCl)

40er bzw. 60er Kali, mind. 37 % bzw. 57 % K₂O

Durch Aufbereiten von Kalirohsalzen gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Kaliumchlorid enthält. KCl kann bei allen chloridverträglichen Kulturen verwendet werden, wobei bei der Düngerplanung auf eine zusätzliche Versorgung mit Magnesium, Schwefel und allenfalls Natrium geachtet werden muss.

Wintergetreide und ausdauernde Kulturen können die Kaligabe, vor allem auf leichteren Böden, auch mit Erfolg als Kopfdünger im zeitigen Frühjahr erhalten. Ebenso ist auf mittleren und schweren Böden eine Vorratsdüngung (Fruchtfolgedüngung) zu den bedürftigen Kulturarten möglich.

Patentkali (K₂SO₄ · MgSO₄)

Kaliumsulfat mit Magnesium, mind. 22 % K₂O, 8 % MgO

Auf chemischem Weg aus Kalisalzen gewonnenes Erzeugnis, gegebenenfalls unter Beimischung von Magnesiumsalzen, das als Hauptbestandteil Kaliumsulfat und Magnesiumsulfat enthält. Wasserlösliches Kaliumoxid; wasserlösliches Magnesiumoxid; rund 17 % S (wasserlöslicher Schwefel), maximal 3 % Cl. Kristallin, feinkörnig.

Wirkt schnell und nachhaltig, physiologisch neutral, ist rasch pflanzenverfügbar.

Durch den geringen Chloridgehalt (max. 3 % Cl) und den niedrigen Salzindex eignet sich Patentkali insbesondere zur Nährstoffversorgung chloridempfindlicher Kulturen. Keine Anwendung bei hohen Mg-Gehalten des Bodens!

Es wird aus Kalirohsalz gewonnen und ist nach den Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft (EU-Verordnung: EG 2092/91 und 1073/2000) zum Einsatz im biologischen Landbau zugelassen.

Kaliumsulfat (K₂SO₄)

mind. 47 % K₂O

Auf chemischem Weg aus Kalisalzen gewonnenes Erzeugnis, das als Hauptbestandteil Kaliumsulfat (18 % S) enthält. Höchstgehalt an Chlor 3 %, meist < 1 %.

Ist nicht hygroskopisch und somit gut lagerfähig. Vollständig wasserlöslich, sodass die Nährstoffe Kalium und Schwefel direkt pflanzenverfügbar sind.

Hat im Vergleich zu anderen Kaliumdüngern einen niedrigen Salzindex und eignet sich daher besonders für die Düngung wertvoller Spezialkulturen in intensiven Anbausystemen.
 Dünger für Kulturen mit hohem Schwefelbedarf. Ist im ökologischen Anbau ebenso wie in staatlich geförderten Extensivierungsprogrammen zugelassen (EG-Verordnungen 2092/91 und 1073/2000 Anhang).

Je nach Chloridempfindlichkeit der Kulturen sollten entsprechende Kaliumdünger gewählt werden.
TABELLE 22: Chloridempfindlichkeit landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturen (Quelle: K+S):

	Kulturen	Empfohlene K-Düngemittel
Chlorid liebend chloridhaltige Düngemittel werden bevorzugt	Zuckerrübe, Futterrübe, Sellerie, Mangold	Korn-Kali 60er Kali
Chlorid verträglich chloridhaltige Düngemittel sind einsetzbar, Gemüsearten bevorzugen wegen des S-Bedarfs sulfatische Düngemittel	Getreide, Mais, Raps, Spargel, Grobkohlarten, Rote Beete, Rhabarber, Grünland, Klee gras	Korn-Kali Magnesia-Kainit Hederich-Kainit
bedingt Chlorid verträglich chloridhaltige Düngemittel können eingesetzt werden wenn dies rechtzeitig vor Vegetationsbeginn erfolgt	Sonnenblume, Weinrebe, Kernobst, Schwarze Johannisbeere, Pflanz- u. Speisekartoffel, Tomate, Radieschen, Kohlrabi, Feinkohlarten, Erbse, Spinat, Karotte, Lauch, Rettich, Chicorée, Ölkürbis, Speisekürbis	Patentkali Kaliumsulfat Korn-Kali
Chlorid empfindlich es sollen nur Düngemittel angewendet werden, in denen Kalium als Sulfat vorliegt	Stärke- u. Veredelungskartoffel, Tabak, Rote Johannisbeere, Stachelbeere, Himbeere, Erdbeere, Brombeere, Heidelbeere, Steinobst (spez. Süßkirsche), Buschbohne, Dicke Bohne, Gurke, Melone, Zwiebel, Salat, Frühgemüse, alle Unterglas-kulturen, Koniferen, Blumen u. Zierpflanzen sowie Keimlinge und Setzlinge der meisten Pflanzen	Patentkali Kaliumsulfat

Bedingt chloridverträgliche Kulturen können mit 50 bis 80 kg K₂O in Chloridform gedüngt werden. Chloridempfindliche Kulturen bedürfen zum Anbau reiner Sulfat-Kali-Dünger oder die Kalidüngung wird entkoppelt und erfolgt bereits im vorherigen Herbst oder mehrere Wochen vor dem Anbau, sodass das Chlorid durch Niederschläge in tiefere Bodenschichten verlagert werden kann.

6.4 MAGNESIUMDÜNGER

Dolomit (CaCO₃ + MgCO₃)
 In Dolomit liegt Magnesium in Form von Carbonaten vor, diese sind langsam löslich, siehe auch 6.6 „Kalke“. Ferner ist Magnesium als Begleitelement Bestandteil von Kalirohsalzen bzw. anderen Kalirohdüngern.

Kieserit (MgSO₄ • H₂O)
 mind. 24 % MgO und 45 % SO₄
 Bergbauprodukt
 Sofort pflanzenaufnehmbar, Wirkung schnell und nachhaltig.

Bittersalz (MgSO₄ • 7 H₂O)
 mind. 15 % MgO und 28 % SO₄
 Ist Wasser anziehend (hygroskopisch). Bei 90 % Luftfeuchtigkeit und ab 20° C beginnt Bittersalz zu zerfließen. Wegen seiner guten Wasserlöslichkeit eignet sich Bittersalz für eine gezielte Anwendung in gelöster Form mit schneller Wirkung bei akutem Magnesiummangel.

6.5 MEHRNÄHRSTOFFDÜNGER

Mehrnährstoffdünger enthalten mindestens zwei, meistens drei oder mehr Nährstoffe in unterschiedlichem Verhältnis zueinander. Die jeweiligen Anteile der Nährstoffe sind in der Reihenfolge N : P₂O₅ : K₂O + Mg (oder MgO) angeführt. In manchen Fällen sind auch Anteile von Schwefel (S) und allfälligen Spurenelementen (Bor, Kupfer, Zink) angegeben. Eine im Gemüsebau gebräuchliche Formulierung ist z.B. 15:5:20.

6.6 KALKE

Mindestgehalte:
 65 % CaCO₃ + MgCO₃ bzw. 30 % CaO + MgO

Siebdurchgang: 100 % bei 1 mm lichter Maschenweite,
 mindestens 80 % bei 0,3 mm
 gekörnte Produkte: 97 % bei 8 mm

Kohlensaurer Kalk (Calciumcarbonat, CaCO₃)
 Feinst vermahlenes Kalkgestein, Dolomit oder Kreidemehl natürlichen Ursprungs mit einem Mindestcarbonatgehalt von 90 % CaCO₃ + MgCO₃. Wirkt nachhaltig.

Kohlensaurer Magnesiumkalk
 Mindestgehalt: 15 % Magnesiumcarbonat

Branntkalk
 Enthält mindestens 90 % CaO und MgO aus gebranntem Kalkstein, Dolomit oder Kreide, weniger als 10 % gebunden an CO₂. Schnell wirkend.

Magnesiumbranntkalk
 Der Gesamtgehalt beträgt rechnerisch mindestens 10 % MgO.

Mischkalk
 Mischung aus kohlensaurem Kalk bzw. kohlensaurem Magnesium-Kalk, Dolomit– oder Kreidemehl mit Branntkalk bzw. Magnesium - Branntkalk oder Löschkalk mit einem rechnerischen Mindestgehalt an CaO und MgO von 60 %.
 Magnesium Mischkalk: der rechnerische MgO-Gehalt beträgt mindestens 10 % MgO.
 Schnell und nachhaltig wirkende Komponente.

Carbokalk
 Fällt bei der Saftreinigung in der Zuckerfabrik an. Neben ca. 30 % CaO enthält Carbokalk noch rund 1,1 % P₂O₅, 0,4 % Stickstoff, 1,4 % MgO und 0,1 % K₂O.

Konverterkalk
 ist ein Gemisch aus Branntkalk und silikatischem Kalk. Neben rund 45 % CaO enthält er noch 3-5 % MgO, 1-2 % P₂O₅ und Spurennährstoffe.

Hüttenkalk
 Fällt bei der Eisenerzverhüttung an, silikatisch gebundenes Calcium, langsam wirkend, rund 42 % CaO.

6.7 SPURENELEMENTDÜNGER

TABELLE 23: Nach EG – Verordnung 2003/2003 zugelassene Spurennährstoffdünger

Spurennährstoff	Typenbezeichnung	Nährstoffmindestgehalt (in Gewichtsprozenten) Angaben zur Nährstoffbewertung
Bor	Borsäure	14 % B, wasserlöslich
	Natriumborat	10 % B, wasserlöslich
	Calciumborat	7 % Gesamtbor, Mahlfineinheit: mindestens 98% Siebdurchgang bei 0,063 mm lichter Maschenweite
	Borethanolamin	8 % B, wasserlöslich
	Bordüngerlösung	2 % B, wasserlöslich
	Bordüngersuspension	2 % B, wasserlöslich
Kupfer	Kupfersalz	20 % Cu, wasserlöslich
	Kupferoxid	70 % Gesamtkupfer, Mahlfineinheit: mindestens 98 % Siebdurchgang bei 0,063 mm lichter Maschenweite
	Kupferhydroxid	45 % Gesamtkupfer, Mahlfineinheit: mindestens 98 % Siebdurchgang bei 0,063 mm lichter Maschenweite
	Kupferchelat	9 % Cu, wasserlöslich, davon mindestens 8/10 des zugesicherten Gehalts in Chelatform
	Düngemittel auf Kupferbasis	5 % Gesamtkupfer
	Kupferdüngerlösung	3 % Cu, wasserlöslich
	Kupferoxychlorid	50 % Gesamtkupfer, Mahlfineinheit: mindestens 98 % Siebdurchgang bei 0,063 mm lichter Maschenweite
	Kupferoxychloridsuspension	17 % Gesamtkupfer
Eisen	Eisensalz	12 % Fe, wasserlöslich
	Eisenchelat	5 % wasserlösliches Eisen, dessen Anteil in Chelatform mindestens 80 % betragen muss
	Eisendüngerlösung	2 % Fe, wasserlöslich
Mangan	Mangansalz	17 % Mn, wasserlöslich
	Manganchelat	5 % Mn, wasserlöslich, davon mindestens 8/10 des zugesicherten Gehalts in Chelatform
	Manganoxid	40 % Gesamt-mangan, Mahlfineinheit: mindestens 98 % Siebdurchgang bei 0,063 mm lichter Maschenweite
	Mangandünger	17 % Gesamt-mangan
	Mangandüngerlösung	3 % Mn, wasserlöslich
Molybdän	Natriummolybdat	35 % Mo, wasserlöslich
	Ammoniummolybdat	50 % Mo, wasserlöslich
	Molybdändünger	35 % Mo, wasserlöslich
	Molybdändüngerlösung	3 % Mo, wasserlöslich
Zink	Zinksalz	15 % Zn, wasserlöslich
	Zinkchelat	5 % Zn, wasserlöslich, davon mindestens 8/10 des zugesicherten Gehalts in Chelatform
	Zinkoxid	70% Gesamt-zink, Mahlfineinheit: mindestens 98% Siebdurchgang bei 0,063 mm lichter Maschenweite
	Zinkdünger	30 % Gesamt-zink
	Zinkdüngerlösung	3 % Zn, wasserlöslich

Zusätzlich werden seit einiger Zeit auch Spurenelement – Mehrnährstoffdünger angeboten.

6.8 FERTIGATIONS-DÜNGER

Im geschützten Anbau erfolgt die Düngung bei der überwiegenden Anzahl der Kulturen mittels Fertigation um eine dem Kulturverlauf angepasste Nährstoffversorgung zu erzielen. Auf die Düngung mittels Tröpfchenbewässerung wurde bereits im Kapitel 5 eingegangen. In diesem Fall werden Stammlösungen erstellt und über die Bewässerungssysteme ausgebracht. Zur Herstellung dürfen nur voll wasserlösliche Dünger verwendet werden. Eine flexiblere Gestaltung der Stammlösung ist mit Hilfe von wasserlöslichen Einzel- bzw. Mehrnährstoffdüngern (Tabelle 23) möglich. Vielfach wird diese Variante bevorzugt. Alternativ kann eine Fülle von angebotenen Fertigrationsdüngern mit fixen Gehalten an Stickstoff, Phosphor, Kalium und Mikronährstoffen verwendet werden. Es handelt sich dabei um wasserlösliche Nährsalze (z.B. Hakaphos) bzw. Flüssigdünger (z.B. Gabi plus).

6.8.1 Ein- und Zweinährstoffdünger

Im vorangegangenen Kapitel wurde auf handelsübliche Mineraldünger im Garten- und Feldgemüsebau eingegangen. Da in diesem Kapitel die Wasserlöslichkeit der Dünger nicht berücksichtigt und einige Nährstoffe nicht erwähnt wurden, sind in der Tabelle 24 nochmals die wichtigsten wasserlöslichen Einzel- und Mehrnährstoffdünger zusammengefasst.

TABELLE 24: Die wichtigsten wasserlöslichen Einzel- und Mehrnährstoffdünger

Makronährstoffe - Bezeichnung		Nährstoffgehalt*
Calciumnitrat, „Kalksalpeter“	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	17 % N, 24 % CaO
Ammoniumnitrat	NH_4NO_3	35 % N
Ammoniumsulfat	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21 % N, 25 % S
Kaliumsulfat, „schwefelsaures Kali“	K_2SO_4	54 % K_2O , 17 % S
Kaliumnitrat, Kalisalpeter	KNO_3	14 % N, 47 % K_2O
Monokaliumphosphat	KH_2PO_4	53 % P_2O_5 , 35 % K_2O
Magnesiumsulfat, „Bittersalz“	MgSO_4	33 % MgO, 13 % S
Kalkammonsalpeter	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$	26 % N, 10 % CaO
Magnesiumnitrat	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	15 % MgO, 10 % N
Harnstoff	$\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$	46 % N
Monoammoniumphosphat	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	12 % N 52 % P_2O_5

Mikronährstoffe - Bezeichnung		
Eisenchelat	Fe-DTPA	11 % Eisen
Mangansulfat	MnSO_4	25 % Mangan
Manganoxid	MnO	40 % Mangan
Natriumborat (Borax)	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	11 % Bor
Kupfersulfat	CuSO_4	25 % Kupfer
Zinksulfat	ZnSO_4	22 % Zink
Natriummolybdat	Na_2MoO_4	35 % Molybdat
Ammoniummolybdat	$(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_2\text{O}_7$	55 % Molybdat

* Die Zusammensetzungen der Dünger stellen nur Richtwerte dar und können Schwankungen unterliegen.

6.8.2 Fertigungsdünger

Die Verwendung von Ein- oder Zweinährstoffdüngern ermöglicht große Flexibilität bei der Herstellung von Stammlösungen und wird daher zumeist bevorzugt. Darüber hinaus werden auch so genannte „Fertigungs-
dünger“ verwendet. Dabei handelt es sich um wasserlösliche oder flüssige Mehrnährstoffdünger, die auf den Bedarf bestimmter Kulturen zugeschnitten sind.

Es kann zwischen wasserlöslichen Mehrnährstoffdüngern, Flüssigdüngern und speziellen Spurenelement-
düngern unterschieden werden. Vom Handel wird eine Fülle an Produkten angeboten, in den Tabellen 25 -
27 sind exemplarisch einige angeführt. Die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.
Zusätzlich sind die angeführten Dünger in unterschiedlichen Formulierungen erhältlich (z.B.: Hakaphos grün,
Hakaphos gelb). In den Tabellen sind daher die Gehaltsspannen, mit denen der jeweilige Dünger angebo-
ten werden, angeführt. Da Gewächshausböden oft einseitig mit bestimmten Nährstoffen gut versorgt sind,
werden einige der Dünger auch mit nur zwei Hauptkomponenten angeboten (meist ohne Phosphor und/oder
Magnesium). In diesem Fall ist der entsprechende Nährstoff in den Tabellen in Klammern angeführt.

TABELLE 25: Häufig verwendete wasserlösliche Mehrnährstoffdünger

		Gehalte bzw. Gehaltsspannen* der wasserlöslichen Mehrnährstoffdünger (Nährsalze)			
Handelsname (beispielhaft)	Hauptnährstoffe*	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)
Alkrisal	N,P,K,Mg	20	5	10	2
Basaplant	N,P,K,Mg	8 – 18	6 -30	12 - 24	2
Ferticare	N,P,K,(Mg)	12 - 20	5 - 12	10 - 36	0 -3
Hakaphos	N,(P),K,Mg,S	3 - 24	0 - 15	10 - 36	1 - 4
Kristallon	N,P,K, (Mg)	3 - 20	5 - 52	6 - 38	0 - 4
Manna LIN	N,(P),K,Mg	8 - 20	0 - 12	6 - 25	1 - 4
Planta aktiv	N,(P),K	15 - 20	0 - 11	10 - 25	2 - 4
Poly-Fertisal	N,P,K,Mg	8	14	18	4

Die angeführten Dünger werden wie bereits erwähnt in unterschiedlicher Zusammensetzung angeboten. Die
Spannen verdeutlichen die verfügbare Bandbreite an Nährstoffzusammensetzungen des jeweiligen Düngers.
So wird zum Beispiel Hakaphos in folgenden Formulierungen angeboten: 3:15:36, 8:12:24, 20:5:10, 20:0:16,
15:10:15 und 24:6:12. Daraus ergibt sich bei Stickstoff die Bandbreite von 3 bis 24, bei Phosphor von 0 bis 25
und bei Kalium von 10 bis 36 Prozent.
Neben den Hauptnährstoffen sind in nahezu allen Düngern auch die Spurenelemente Fe, Cu, Mn, Bo, Zn und
Mo enthalten.

TABELLE 26: Auswahl an Flüssigdüngern und Suspensionen

	Hauptnährstoffe	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Algospeed	N,P,K, (Mg), Ca	8 - 11	4 - 11	11 - 16	2-2,5	0,5 - 3
Basfoliar aktiv	N,P,K	3	27	18	k.A.	k.A
Gabi plus	(N),(P),(K), (Mg), (Ca)	0 - 27	0 - 20	0 - 20	0 - 8	0 - 15
Kamasol	N,P,K, (Mg)	5 - 10	4 - 8	6 - 10	k.A.	0 - 0,2
Nutriphite	P,K	0	28	26	k.A.	k.A
Phosphik	N,P,K	3	27	18	k.A.	k.A.
Terraflor	(N),(P),K	0-16	0 -15	5 - 15	k.A	k.A
Wuxal	N,(P),(K), (Mg)	3 - 12	0 - 20	0 -20	0 - 15	0 - 4

TABELLE 27: Spurennährstoffdünger

	Spurenelemente	Enthaltene Hauptnährstoffe
Gabi Mikro Fe	Fe (5 %)	
Gabi Mikro T	B, Cu, Mn, Fe, Zn	
Terraflor	Fe (9 bzw. 13 %)	
Ferroaktiv	Fe (5 %)	
Wuxal Eisen plus	Fe (5 %)	
Wuxal Microplant	B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn	5 % N, 10% K ₂ O, 3 % MgO
Basafer	Fe (6 %)	
Nutribor	B (8 %), Mn, Zn, Mo	6 % N, 5 % MgO
Basfoliar	B, Mn, (Cu), (Fe), (Mo), (Zn)	9 - 27 % N, 3 % MgO bzw. 11 % CaO

WIRTSCHAFTSDÜNGER

Bei der Verwendung von Wirtschaftsdüngern sind sowohl der jeweilige Nährstoffgehalt als auch die Wirksamkeit der ausgebrachten Stickstoffmenge zu berücksichtigen. Detaillierte Angaben dazu sind in den „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“ (6. Auflage, 2006) publiziert. In der folgenden Übersichtstabelle sind die wichtigsten Kategorien der Wirtschaftsdünger zusammengefasst.

TABELLE 28: Übersicht zum durchschnittlichen Gehalt an Trockenmasse und organischer Substanz sowie zum durchschnittlichen Nährstoffgehalt der wichtigsten Wirtschaftsdünger

Art der Tiere und des Wirtschaftsdüngers	TM-Gehalt	N _{Lager}	N _{feldfallend}	P ₂ O ₅	K ₂ O	org. Substanz
	Gew %	kg/m ³				
Rinder						
Milchkühe (inkl. Nachzucht)						
Rottemist	25-40	4,4	4,0	4,2	9,1	129
Stallmistkompost	35 – 60	2,1	1,9	2,0	4,4	62
Stallmist (einstreuarm)	20-25	3,2	2,9	2,5	4,2	145
Jauche (unverdünnt)	3	3,4	3,0	0,2	9,5	13
Gülle (1+1 verdünnt)	5	2,0	1,7	1,0	3,3	38
Gülle (unverdünnt)	10	3,9	3,4	2,0	6,5	76
Mastrinder (Maissilage)						
Gülle (unverdünnt)	10	5,2	4,5	2,5	5,0	75,0
Mastkälber						
Gülle (unverdünnt)	5	6,1	5,3	2,5	4,0	35,0
Schafe (inkl. Lämmer)						
Tiefstallmist	25-30	4,3	3,9	2,1	4,9	140
Pferde						
Stallmist	25-30	2,3	2,1	1,5	3,0	113
Schweine (bei Phasenfütterung bzw. N- und P - reduzierter Fütterung sind die entsprechenden N- und P₂O₅-Gehalte um 20 % zu reduzieren)						
Zuchtsauen						
Stallmist	25	4,2	3,8	5,5	3,6	182
Jauche	2	3,9	3,4	1,0	3,0	8
Gülle (1+1 verdünnt)	5	3,2	2,8	2,2	2,0	38
Gülle (unverdünnt)	10	6,4	5,6	4,4	4,0	76
Mastschweine						
Gülle (Futtergrundlage MKS-CCM)	5	5,2	4,5	3,5	3,5	35
Gülle (Futtergrundlage Getreide)	10	6,9	6,0	5,0	4,0	75

Art der Tiere und des Wirtschaftsdüngers	TM-Gehalt	N _{Lager}	N _{feldfallend}	P ₂ O ₅	K ₂ O	org. Substanz
	Gew %	kg/m ³				
Tiefstallmist	30	7,4	6,7	4,6	7,3	-
Geflügel						
Legehennen						
Frischkot (= unverd. Gülle)	10	2,6	2,3	2,5	1,5	38
Trockenkot	50	8,5	7,7	12,0	7,0	180
Masthähnchen (Broiler)						
Festmist	60	9,2	8,4	10,0	8,0	250
Puten						
Festmist	50	7,7	7,0	10,0	8,0	190

Die Werte dieser Tabelle dienen der Orientierung über die Nährstoffgehalte in Wirtschaftsdüngern. Die Angaben stellen Mittelwerte dar, die individuellen Gehalte können allerdings stark schwanken. Liegt ein entsprechendes Untersuchungsergebnis einer repräsentativen Probe vor, ist dieses den Tabellenwerten vorzuziehen. Der Wert für N-gesamt oder N-Kjeldahl des Untersuchungszeugnisses entspricht dem Stickstoffgehalt am Lager. Um den Gehalt an feldfallendem Stickstoff zu erhalten, sind bei Stallmist und Kompost 9 %, bei Gülle und Jauchen 13 % abzuziehen. Bei den anderen Nährstoffen entspricht der Analysenwert dem feldfallenden Gehalt.

Für Berechnungen gemäß Aktionsprogramm „Nitrat“ bzw. Wasserrechtsgesetz sind ausschließlich die Tabellen 51, 52 und 57 der Richtlinien für die sachgerechte Düngung (6. Auflage, 2006) heranzuziehen. Eine Möglichkeit der betriebsspezifischen Ermittlung des N-Gehalts stellt die Berechnung des N-Anfalls aus Tabelle 52 der Richtlinien für die sachgerechte Düngung (6. Auflage, 2006), geteilt durch die anfallende Wirtschaftsdüngermenge, dar.

Die Jahreswirksamkeit des Stickstoffanteils setzt sich aus der Direktwirkung zum Zeitpunkt der Ausbringung und der daran anschließenden, geschätzten Stickstoffmineralisation zusammen. Für die Berechnung des jahreswirksamen Stickstoffs wird der Stickstoffgehalt mit den in Tabelle 29 angeführten Wirksamkeitswerten multipliziert.

TABELLE 29: Jahreswirksamkeit des Wirtschaftsdüngerstickstoffs in % bezogen auf die feldfallenden Stickstoffmengen

	Stallmist	Rottemist	Kompost	Jauche	Gülle		
					Rind	Schwein	Huhn
Jahreswirksamkeit	50	30	10	100	70	80	85

Neben der Jahreswirksamkeit kann beim regelmäßigen Einsatz von Wirtschaftsdüngern im Sinne einer Kreislaufwirtschaft je Anwendungsjahr mit einer Nachwirkung von 3 bis 5 % gerechnet werden.

Gelangen andere sekundäre Rohstoffdünger zur Anwendung, kann die Wirksamkeit des organisch gebundenen Stickstoffs gemäß der folgenden Tabelle der oben angeführten Wirtschaftsdünger gleichgesetzt werden.

TABELLE 30: Beurteilung der Wirksamkeit von organisch gebundenem Stickstoff unterschiedlicher Stickstoffquellen

Organische Stickstoffquelle	Wirksamkeit entspricht
Komposte (biogene Abfälle)	Stallmistkompost
Presspülpe, Schlempe, Vinasse, Molke, Rübenschwänze	Stallmist
Carbokalk	Stallmist
Biogasgülle aus Rindergülle, Rinderstallmist (überwiegend) und nachwachsenden Rohstoffen (Silagen,...)	Rindergülle
Biogasgülle/Gärrückstände aus Schweinegülle oder sonstigen organischen Produkten (überwiegend)	Schweinegülle
Organische Handelsdünger: TM-Gehalt unter 15 %	Rindergülle
TM-Gehalt über 15 %	Stallmist
Beispiele organischer Handelsdünger: Pilzmycel, Hornmehl, Pressrückstände von Ölsaaten	

Anhang 1: Datenblätter

Anhang 2: Formulare für die Bodenuntersuchung

BERATUNGSSTELLEN

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES),
Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung, Spargelfeldstrasse 191, 1226 Wien
Tel: +43 (0)50-555-34125 bodengesundheit@ages.at

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, 1010 Wien
Tel: + 43 (1) 711 00 office@lebensministerium.at

Landwirtschaftskammer Burgenland, Esterhazystraße 15, 7001 Eisenstadt
Tel: +43 (0) 2682/702 office@lk-bgld.at

Landwirtschaftskammer Steiermark, Hamerlinggasse 3, 8011 Graz
Tel: +43 (0) 316/8050 office@lk-stmk.at

Landwirtschaftskammer Tirol, Brixner Straße 1, 6021 Innsbruck
Tel: +43 (0) 5/92 92 office@lk-tirol.at

Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Auf der Gugl 3, 4021 Linz
Tel: +43 (0) 50/6902 office@lk-ooe.at

Landwirtschaftskammer Vorarlberg, Montfortstraße 9 – 11, 6901 Bregenz
Tel: +43 (0) 5574/400 office@lk-vbg.at

Landwirtschaftskammer Kärnten, Museumgasse 5, 9011 Klagenfurt
Tel: +43 (0) 463/5850 office@lk-kaernten.at

Landwirtschaftskammer Salzburg, Schwarzstraße 19, 5024 Salzburg
Tel: +43 (0) 662/870571 office@lk-salzburg.at

Landwirtschaftskammer Niederösterreich, Wiener Straße 64, 3100 St. Pölten
Tel: +43 (0) 2742/259 office@lk-noe.at

Landwirtschaftskammer Wien, Gumpendorfer Straße 15, 1060 Wien
Tel: +43 (0) 1 5879528 office@lk-wien.at

Landwirtschaftskammern Österreich, Schauflergasse 6, 1014 Wien
Tel: +43 (0) 1 53441 office@lk-oe.at

Information und Beratung im Unterglas – Gemüsebau (IBUG), Gumpendorfer Straße 15, 1060 Wien
Tel: +43 (0) 1 5879528/37 gregor.hoffmann@lk-wien.at

Akkreditierte Labors des Bundes oder der Länder:

Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES),
Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung, Spargelfeldstrasse 191, 1226 Wien
Tel: +43 (0)50-555-34125 bodengesundheit@ages.at

Landwirtschaftliches Versuchszentrum Haidegg, Ragnitzstrasse 193, 8047 Graz
Tel: 0316-877-6600

Auftrag zur Bodenuntersuchung Ackerbau, Wein- und Obstbau, Gemüsebau, Grünland

Inst. f. Bodengesundheit u. Pflanzenernährung
Spargelfeldstraße 191, 1226 Wien
Tel. +43 (0) 50555 34125, Fax DW 34101
email: bodengesundheit@ages.at
UID: ATU 54088605, DVR: 0014541

Betriebsnummer	Name des Betriebsinhabers/Firma	Vorname	Straße/Hausnummer	Tel./Fax
PLZ	Ort	Gemeinde	BBK	

email

☐ Biobetrieb ☐ Betriebsinhaber ☐ LWK/Firma.....

Analyse beauftragt durch*: ☐ Grundwasserschutzprogramm ☐ Biobetrieb

Tiefe		Untersuchung*		Beschreibung des Standortes*				Angaben zur Fruchtfolge*		Wirtschaftsdünger (t/ha, m³/ha)	
von	bis	A Grunduntersuchung	M Magnesium	Gründigkeit	Bodenschwere	Wasserverh.	Grobannteil	Vorfrucht	anzubauende Frucht		
MFA Nr.	VZ/AZ (nicht ausfüllen)			☐ < 25 cm ☐ 25 - 70 cm ☐ > 70 cm	☐ leicht ☐ mittel ☐ schwer	☐ sehr trocken ☐ mittel ☐ feucht/nass	☐ kein ☐ < 20% ☐ > 20%	Ernterückstände eingearbeitet*	Ertrag (t/ha)	Empfehlung Folgekultur*	vor dem Anbau Kopfdüngung Kopfdüngung eingearb.
ÖPUL*:	Verzicht	Reduktion					ha	☐ ja ☐ nein		☐	
Sackerl Nr.	Feldstück/Probenbez.	Schlag						Vorfrucht	anzubauende Frucht		
MFA Nr.	VZ/AZ (nicht ausfüllen)			☐ < 25 cm ☐ 25 - 70 cm ☐ > 70 cm	☐ leicht ☐ mittel ☐ schwer	☐ sehr trocken ☐ mittel ☐ feucht/nass	☐ kein ☐ < 20% ☐ > 20%	Ernterückstände eingearbeitet*	Ertrag (t/ha)	Empfehlung Folgekultur*	vor dem Anbau Kopfdüngung Kopfdüngung eingearb.
ÖPUL*:	Verzicht	Reduktion					ha	☐ ja ☐ nein		☐	
Sackerl Nr.	Feldstück/Probenbez.	Schlag						Vorfrucht	anzubauende Frucht		
MFA Nr.	VZ/AZ (nicht ausfüllen)			☐ < 25 cm ☐ 25 - 70 cm ☐ > 70 cm	☐ leicht ☐ mittel ☐ schwer	☐ sehr trocken ☐ mittel ☐ feucht/nass	☐ kein ☐ < 20% ☐ > 20%	Ernterückstände eingearbeitet*	Ertrag (t/ha)	Empfehlung Folgekultur*	vor dem Anbau Kopfdüngung Kopfdüngung eingearb.
ÖPUL*:	Verzicht	Reduktion					ha	☐ ja ☐ nein		☐	

* ... Zutreffendes bitte ankreuzen

Mit der Unterschrift erklären Sie sich einverstanden, daß Ihre Daten gemäß Datenschutzgesetz 2000 automationsgestützt verwendet werden.

Unterschrift Eingangsdatum

Projektnummer

Auftrag zur Analyse des mineralischen Stickstoffs im Boden

Inst. f. Bodengesundheit u. Pflanzenernährung
Spargelfeldstraße 191, 1226 Wien
Tel. +43 (0) 50555 34125, Fax DW 34101
email: bodengesundheit@ages.at
UID: ATU 54088605, DVR: 0014541

Betriebsnummer	Name des Betriebsinhabers	Vorname	Straße/Hausnummer	Tel./Fax
PLZ	Ort	Gemeinde	BBK	

email

☐ Betriebsinhaber ☐ LWK/Firma/Verband.....

Analyse beauftragt durch*: ☐ Grundwasserschutzprogramm ☐ Biobetrieb

Tiefenstufe		VZ/AZ**		Untersuchung*		Bodenschwere*		Angaben zur Fruchtfolge*		Bewässerung		Wirtschaftsdünger (t/ha, m³/ha)	
☐ 0 - 30 ☐ 30 - 60 ☐ 60 - 90	☐ 0 - 30 ☐ 30 - 60 ☐ 60 - 90	☐ Nmin - Analyse ☐ IP - Gemüse (0 - 30cm)	☐ leicht ☐ mittel ☐ schwer	Vorfrucht	Erntezeitpunkt Vorfrucht	Kultur	erwarteter Ertrag	Nitratgehalt Wasser	Menge	mm	vor dem Anbau Kopfdüngung Kopfdüngung eingearb.		
Probenbezeichnung													
Probenahme am:													
Probenbezeichnung													
Probenahme am:													
Probenbezeichnung													
Probenahme am:													
Probenbezeichnung													
Probenahme am:													

* ... Zutreffendes bitte Ankreuzen ** ...nicht ausfüllen

Mit der Unterschrift erklären Sie sich einverstanden, daß Ihre Daten gemäß Datenschutzgesetz 2000 automationsgestützt verwendet werden.

Unterschrift Eingangsdatum

Projektnummer

