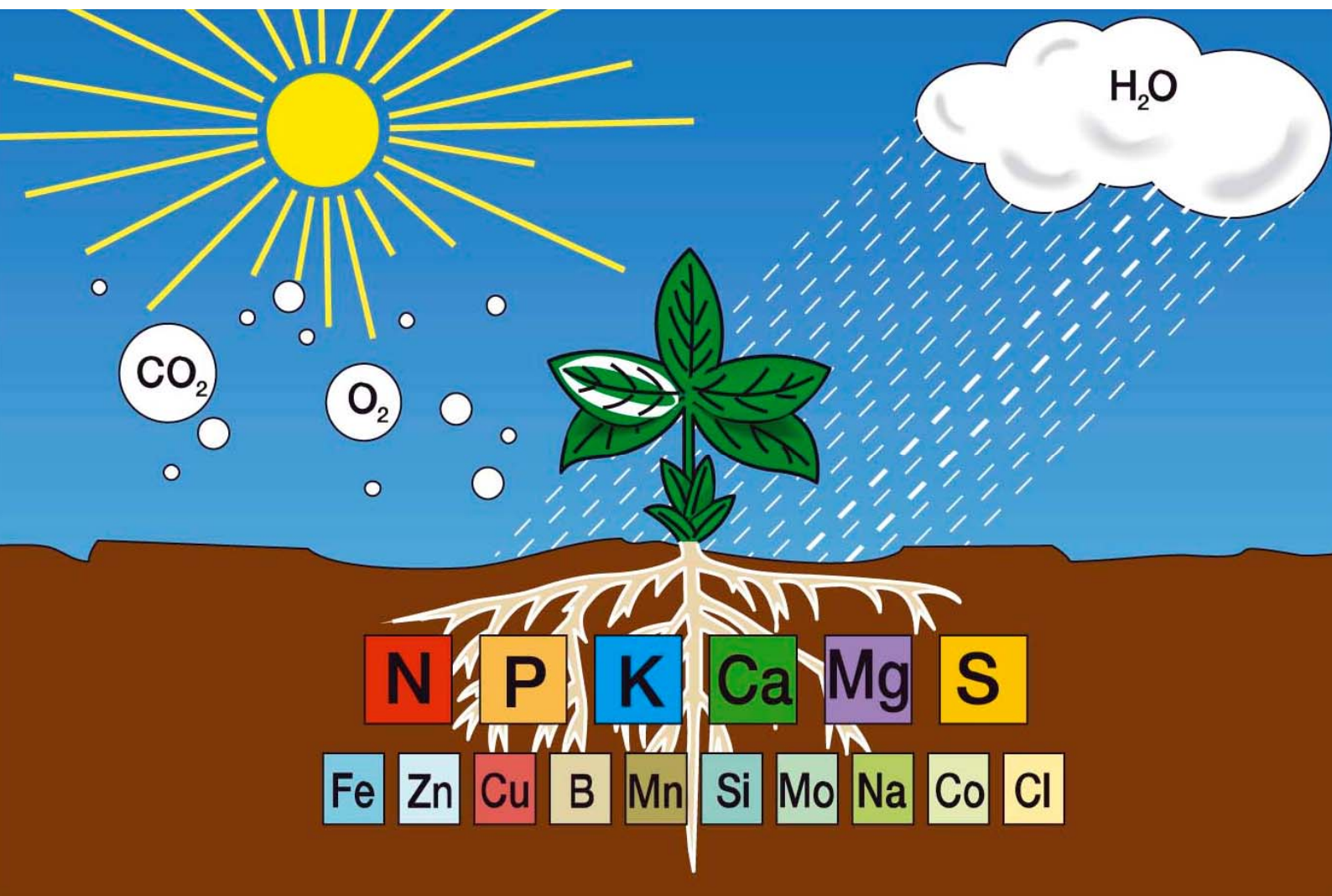


INFORMATIONEN ZUR DÜNGUNG

FÜR HANDEL UND GENOSSENSCHAFTEN

4. Auflage 2010



Bundesarbeitskreis Düngung

Landesarbeitskreis Düngung
BADEN-WÜRTTEMBERG



INHALTSVERZEICHNIS

| | Seite |
|--|-------|
| 1. Einleitung | 4 |
| 2. Begriffsbestimmung | 5 |
| 3. Stickstoff | 7 |
| 3.1 Ermittlung des N-Bedarfes für Ackerkulturen | 7 |
| 3.1.1 Bemessung der Gesamt-N-Gabe | 8 |
| 3.1.2 Bemessung der 1. N-Gabe | 14 |
| 3.1.3 Bemessung der Nachdüngung | 16 |
| 3.2 Stickstoff auf Grünland | 16 |
| 3.3 Stickstoff in Dauerkulturen | 19 |
| 3.4 N-Düngung in Wasserschutzgebieten | 20 |
| 3.5 Wirkungsweise der Stickstoffdünger | 21 |
| 3.5.1 Wirkungsweise mineralischer N- Formen | 21 |
| 3.5.2 Kalkstickstoff | 22 |
| 3.5.3 Wirkung des Stickstoffs in organischen Düngern | 24 |
| | |
| 4. Phosphor | 25 |
| 4.1 Phosphor im Boden | 25 |
| 4.2 Phosphor in der Pflanze | 27 |
| 4.3 Phosphordüngung und die Qualität der Kulturen | 28 |
| 4.4 Hohe Erträge bei termingerechtem Phosphatangebot | 28 |
| 4.5 Wirtschaftliches Düngeoptimum | 30 |
| 4.6 Phosphor - ein schwer zugänglicher Nährstoff | 31 |
| 4.7 Phosphordüngemittel | 32 |
| 4.8 Phosphor in organischen Düngern | 34 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 5. | Kalium | 35 |
| 5.1 | Kalium in der Pflanze..... | 35 |
| 5.2 | Kalium im Boden | 37 |
| 5.3 | Düngebedarf..... | 38 |
| 5.4 | Düngeverfahren..... | 40 |
| 5.5 | Kaliumformen | 41 |
| 5.6 | Wechselwirkungen der Nährstoffe..... | 41 |
| 6. | Magnesium | 42 |
| 6.1 | Magnesium in Boden und Pflanze | 42 |
| 6.2 | Magnesiumbedarf..... | 42 |
| 6.3 | Magnesiumformen..... | 43 |
| 7. | Schwefel | 44 |
| 7.1 | Schwefel im Boden..... | 44 |
| 7.2 | Schwefel in der Pflanze | 46 |
| 7.3 | Schwefelformen | 47 |
| 7.4 | Schwefelschätzrahmen | 48 |
| 8. | Kalk | 49 |
| 8.1 | Bodenwirkung von Kalk | 49 |
| 8.2 | Kalkdünger | 51 |
| 8.2.1 | Naturkalke | 51 |
| 8.2.2 | Industriekalke | 52 |
| 8.2.3 | Kalke aus Produktionsrückständen | 52 |
| 8.3 | Qualitätskriterien..... | 53 |
| 8.4 | Streutechnik..... | 54 |

| | | |
|------------|---|----|
| 9. | Natrium und Selen | 55 |
| 9.1 | Natrium im Pflanzenbau | 55 |
| 9.2 | Natrium in der Tierernährung | 55 |
| 9.3 | Selen | 56 |
| 10. | Spurennährstoffe | 57 |
| 11. | Tabellenanhang | 60 |
| Tab. 1 | Einstufung der pH-Klassen auf Ackerland | 60 |
| Tab. 2 | Einstufung der pH-Klassen auf Grünland | 61 |
| Tab. 3 | Einstufung der Gehalts-Klassen für Phosphat..... | 62 |
| Tab. 4 | Einstufung der Gehalts-Klassen für Kalium | 62 |
| Tab. 5 | Einstufung der Gehalts-Klassen für Magnesium..... | 62 |
| Tab. 6 | Nährstoffentzug von Kulturpflanzen..... | 63 |
| Tab. 6.1 | Entzugfaktoren ausgewählter Kulturpflanzen | 64 |
| Tab. 7 | Nährstoffe in Ernterückständen | 66 |
| Tab. 8 | Nährstoffgehalte in Wirtschaftsdüngern..... | 67 |
| Tab. 9 | Nährstoffbedarf im Freilandgemüsebau..... | 68 |
| Tab. 10 | Bestimmungsschlüssel für Mangel-Symptome | 69 |
| Tab. 11 | Kalkwerttabelle nach Sluijsmans | 71 |
| Tab. 12 | Düngemittelliste des LAD Baden-Württemberg | 73 |
| Tab. 13 | Hinweise auf Internetseiten (weblinks) | 78 |
| Tab. 14 | LAD Mitgliederverzeichnis 2010..... | 79 |

Landesarbeitskreis Düngung Baden-Württemberg (LAD)

4. Auflage 2010, Redaktion Peter Heintze, K+S KALI GmbH

1. Einleitung

Erfolgreicher Pflanzenbau ist nur möglich, wenn den Pflanzen während der gesamten Vegetationszeit eine optimale Nährstoffversorgung geboten wird. Ein exakt gesteuertes Stickstoffangebot und ein stets ausreichender Vorrat an Grund- und Spurennährstoffen auf der Basis einer optimalen Kalkversorgung sind Grundvoraussetzung dafür, dass moderne Sorten ihr Leistungspotential voll ausschöpfen können. „Für Hochleistungssorten gilt das Prinzip vom vollen Tisch.“ Dabei lassen sich ökonomische und ökologische Aspekte durchaus in Einklang bringen.

Eine Umfrage des Bundesarbeitskreises Düngung (BAD) zum Beratungsanspruch von Landwirten brachte folgendes Ergebnis. 40% der befragten Betriebsleiter nehmen regelmäßig eine Düngemittelberatung in Anspruch und 75% der Befragten richten sich bei der Düngung nach Empfehlungen von Beratungseinrichtungen und Berufskollegen.

Die Umfrage zeigt, dass Handel und Genossenschaften von den Landwirten als Beratungspartner in Düngungsfragen voll akzeptiert werden. Dies gilt nicht nur für Haupteinwerbmlandwirte, sondern auch für Landwirte im Zu- und Nebenerwerb sowie für Haus- und Kleingartenbesitzer. über Das Beratungsgespräch ist für die Handelsstellen eine große Chance mit ihren Kunden ins Geschäft kommen.

Diese Broschüre des LAD Baden-Württemberg gibt Ihnen kurzgefasst Auskunft zu allen Fragen der Düngung und den gängigsten Düngemitteln. Im Tabellenanhang finden Sie in übersichtlicher Form alle wesentlichen Daten, die zum Erstellen einer Düngeempfehlung benötigt werden.

Ihr LAD Baden-Württemberg

2. Begriffsbestimmung

Man unterscheidet folgende Begriffe:

Nährstoffbedarf ist die Menge an Nährstoffen, welche von den Pflanzen für eine optimale Ertragsbildung und beste Qualität benötigt wird. Diese liegt höher als der Gesamtentzug bei der Ernte, da abfallende Blätter und Pflanzenteile beim Gesamtentzug nicht berücksichtigt werden.

Gesamtentzug entspricht einem Teil des Nährstoffbedarfs und ist die gesamte Menge an Nährstoffen, die im Ernteprodukt und den Ernterückständen gefunden wird.

Nährstoffabfuhr (Nettoentzug) ist die Nährstoffmenge, die über die Ernteprodukte das Feld verlässt. Ernterückstände sind darin nicht enthalten, sie verbleiben auf dem Feld.

Düngebedarf ist die Nährstoffmenge, die ergänzend zu den verfügbaren Nährstoffen aus dem Bodenvorrat und den Ernterückständen gedüngt werden muss. Der Düngebedarf ist u.a. von Standortfaktoren, Witterung, Bewirtschaftungsintensität und genetischer Veranlagung der Sorte abhängig. Verluste durch Ausgasung, Auswaschung und Festlegung müssen berücksichtigt werden. Bei Phosphat und Kali ist dabei die Gehaltsklasse C sicherzustellen.

Nährstoffaufnahme beschreibt den Vorgang der Nährstoffaneignung durch die Pflanzen und beinhaltet den zeitlichen Verlauf des Nährstoffbedarfs während der einzelnen Vegetationsabschnitte.

Erhaltungsdüngung umfasst die Nährstoffmenge, die eine optimale Pflanzenernährung sicherstellt, ökonomisch sinnvoll ist, und langfristig die Bodenfruchtbarkeit, d.h. die Ertragsfähigkeit des Standorts erhält.

Erhaltungskalkung ist die Kalkmenge, die regelmäßig ausgebracht werden muss, um Kalkverluste auszugleichen und damit den optimalen Kalkzustand des Bodens zu erhalten.

Gesundungskalkung ist die Kalkmenge, die zusätzlich zur Erhaltungskalkung ausgebracht werden muss, um einen Boden mit zu niedrigem pH-Wert bis in einen optimalen pH-Bereich aufzukalken.

Fruchtfolgedüngung umfasst die Nährstoffmenge, die - bei guter Nährstoffversorgung des Bodens - mindestens den Nettoentzug einer gesamten Fruchtfolge so abdeckt, dass die Bodenfruchtbarkeit nicht leidet. Diese Düngergabe erfolgt in der Regel zur Blattfrucht.

3. Stickstoff

Stickstoff ist der Motor des Pflanzenwachstums. Von allen Pflanzennährstoffen beeinflusst Stickstoff die Ertrags- und Qualitätsbildung am stärksten. Mehr als bei allen anderen Nährstoffen kommt es beim Stickstoff auf eine exakte Dosierung zur richtigen Zeit an, denn eine Über- oder Underdüngung führt schnell zu Ertrags- und Qualitätseinbußen. Die Stickstoffdüngung ist das wichtigste Instrument des Landwirtes zur Steuerung des Pflanzenbestandes.

Unter den für die Pflanzenernährung wichtigen Nährstoffen nimmt Stickstoff eine Sonderstellung ein, weil er im Boden zahlreichen Ab-, Um- und Aufbauprozessen unterliegt, die von vielen Faktoren (z.B. Standort, Klima, Bewirtschaftung) beeinflusst werden.

Hinzu kommt, dass nicht genutzter Stickstoff leicht in tiefere Bodenschichten verlagert werden kann.

Die Pflanzenwurzel kann Stickstoff nur in mineralischer Form als Ammonium (NH_4) oder Nitrat (NO_3) aufnehmen. Alle anderen Stickstoffverbindungen müssen daher zunächst in diese Formen überführt werden. NH_4 ist an Bodenteilchen (Ton, Humus) gebunden, damit wenig mobil und nicht auswaschungsgefährdet. NO_3 hingegen liegt gelöst im Bodenwasser vor und kann daher rasch zur Pflanzenwurzel transportiert werden, ist aber andererseits vor Verlagerungen in tiefere Bodenschichten nicht geschützt.

Mit N lassen sich sehr direkt und kurzfristig Ertrag und Qualität einer Kultur wesentlich beeinflussen. Deshalb kommt einer bedarfsgerechten N-Versorgung der Pflanzen besondere Bedeutung zu.

3.1 Ermittlung des N-Bedarfs für Ackerkulturen und Düngungsempfehlungen

Ziel der N-Düngung ist es, durch Zufuhr von N-haltigen Düngemitteln die Differenz zwischen N-Bedarf der Pflanzen und N-Angebot aus dem Boden auszugleichen. Ein Pflanzenbestand deckt seinen N-Bedarf im Wesentlichen aus:

- dem zu Vegetationsbeginn in der Wurzelzone vorhandenen mineralischen Stickstoff (NO_3^- - und $\text{NH}_4\text{-N}$),
- dem während der Vegetationsperiode durch Abbau organischer Stoffe (Humus) frei werdenden Stickstoff (N-Nachlieferung),
- dem pflanzenverfügbaren N-Anteil aus Wirtschaftsdüngern bzw. Sekundärrohstoffdüngern und
- dem durch mineralische Düngemittel zugeführten Stickstoff

Leguminosen nutzen außerdem den durch Knöllchenbakterien gebundenen Luftstickstoff. Für einen ökonomisch und ökologisch sinnvollen N-Einsatz sind sowohl die absolute Höhe der N-Gaben als auch die sachgerechte Mengenverteilung während der Vegetation entscheidend. Einige dafür nutzbare Mess- und Kalkulationsverfahren werden nachstehend beschrieben.

3.1.1 Bemessung der Gesamt-N-Gabe

Die Höhe der mineralischen N-Düngung ist die Differenz zwischen dem N-Entzug durch die Ernte und der Rückführung von Stickstoff in Ernterückständen und organischen Düngern sowie dessen Ausnutzungsgrad. Maßgebend für die Bemessung der Düngungshöhe ist die Ertragshöhe und – bei Getreide – die angestrebte Qualität des Erntegutes. Die Höhe der N-Düngung bewegt sich in dem in der Tabelle vorgegebenen Rahmen. Diese Düngermengen werden je nach Wachstumsentwicklung bei den Kulturen aufgeteilt. So kennt man beispielsweise bei Getreide drei Gaben:

1.Startdüngung 2. Schosserdüngung 3.Spät-oder Qualitätsdüngung

Die Berechnung der gesamten Düngermenge unter Berücksichtigung der N-Lieferung des Bodens aus langjähriger organischer Düngung und Ernteresten ergibt sich aus nachfolgendem Rechenschema und den dazu gehörenden Tabellen:

Vorgehensweise zur Berechnung des gesamten Stickstoff-Düngebedarfs für Ackerkulturen nach § 3 Düngeverordnung:

LTZ Augustenberg, 18.02.2010

| |
|--|
| <i>N-Bedarf =</i> |
| <p>N-Entzugswert in kg N/dt Erntegut</p> <p>x Ertragserwartung in dt/ha</p> <p>+Zuschlag für nicht erntefähige Restpflanze (Raps 50 kg N/ha, restliche Ackerkulturen 20 kg N/ha)</p> |
| <p>abzüglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pflanzennutzbarer Nitratstickstoffvorrat des Bodens im Frühjahr (Nmin-Wert nach Analyse, NID) • pflanzennutzbare N-Lieferung aus: <ul style="list-style-type: none"> • Boden • Ernteresten der Vorfrucht • Zwischenfrüchten und N-Düngung ab Ernte Vorfrucht • langjähriger organischer Düngung |
| <p>= gesamter Stickstoff-Düngebedarf nach guter fachlicher Praxis (organisch und mineralisch)</p> |

N-Entzug verschiedener Kulturen und empfohlene Höchstdüngemenge

Quelle: LTZ Augustenberg, 18.02.2010

| N-Entzugswert | max. Gesamt- | | Höchst- dünge- menge | N-Entzugswert | max. Gesamt- | | Höchst- dünge- |
|---|--------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Fruchtart | 1) (kg N/dt) | bedarf (kg N/ha) | (kg N/ha) | Fruchtart | 1) (kg N/dt) | (kg N/ha) | (kg N/ha) |
| W-Weizen 12 % RP | 2,21 | 240 | 200 | W-Roggen 11 %RP | 1,96 | 190 | 130 |
| W-Weizen 14 % RP | 2,51 | 260 | 200 | S-Roggen 11 % RP | 1,96 | 180 | 110 |
| W-Weizen 16 % RP | 2,81 | 270 | 200 | Dinkel, mit Spelz | 2,10 | 190 | 120 |
| Durum 15 % RP | 2,66 | 230 | 160 | Triticale 13 % RP | 2,24 | 220 | 150 |
| S-Weizen 14 % RP | 2,51 | 250 | 180 | Hafer 11 % RP | 2,06 | 190 | 110 |
| S-Weizen 16 % RP | 2,81 | 250 | 200 | Winterraps | 4,54 | 250 ²⁾ | 170 ²⁾ |
| Wintergerste 13 % RP | 2,14 | 210 | 150 | Sommerraps | 4,54 | 210 | 140 |
| Sommer- Futtergerste 13 % RP | 2,19 | 200 | 110 | Frühkartoffeln | 0,55 | 240 | 160 |
| Braugerste 10 % RP | 1,73 | 160 | 90 | übrige Kartoffeln | 0,39 | 220 | 140 |
| Silomais 33 % TS | 0,45 | 310 | 180 | Zuckerrüben | 0,46 | 270 | 120 |
| Körnermais 10 % RP | 2,28 | 290 | 180 | Futtermassenrüben | 0,24 | 290 | 170 |
| Körnermais, beregnet | 2,28 | 320 | 200 | Sonnenblumen | 4,91 | 190 | 80 |
| Energiemais 30 % TS | 0,41 | | 310 | Erbsen | 5,10 | | 200 |
| Ganzpfl Getreide 35 % TS | 0,44 | | 170 | Weidelgras 20 % TS | 0,48 | | 150 |
| Ganzpfl Weizen (Milch- bis Teigreife) 35 % TS | 0,49 | | 230 | Klee gras, 50 % Grasanteil 20 % TS | 0,52 | | 180 |

1) TS-Gehalte (%) im üblichen Zustand, d.h. Getreide und andere Körnerfrüchte bei 86 % TS, Raps und Sonnenblumen bei 91 % TS, die Entzugswerte für Kartoffeln, Rüben und Futterpflanzen beziehen sich auf die Frischmasse. Der „N-Entzugswert“ ist eine rechnerische Größe, aus der sich durch Multiplikation mit dem erwarteten Ertrag und Hinzurechnen eines Zuschlages für nicht erntbare Restpflanze der Gesamt-N-Bedarf ergibt.

2) In den Vergleichsgebieten Baar, Neckar-Nagoldgebiet, Oberland, Bessere Alb, Hohenlohe und Westlicher Bodensee 280 bzw. 190 kg N/ha.

Bei Leguminosen und Klee gras bis 30 % Grasanteil wird der N-Bedarf durch die Luftstickstoffbindung gedeckt. Bei allen Kulturen muss der **N-Bedarf** bei sehr hohen Erträgen durch **Höchstwerte** begrenzt werden, da sich dann das Korn : Stroh- bzw. Rüben : Blatt-Verhältnis verengt.

Pflanzennutzbare N-Lieferung des Bodens in kg N/ha zwischen Frühjahr und Ernte in Abhängigkeit von der Kultur und den Standortverhältnissen

| Standortverhältnisse Mineralböden und Organische Böden | | | | | |
|--|--------------------|-------------------------|----------------------|------------|----------|
| Kulturart | günstig AZ > 60 | mittel AZ 40 - 60 | ungünstig AZ < 40 | Anmoo r | Moo r |
| Weizen, Durum, Triticale | 10 | 0 | 0 | 10 | 30 |
| Wintergerste | 30 | 20 | 10 | 30 | 50 |
| übriges Getreide | 20 | 10 | 0 | 20 | 40 |
| Raps | 40 | 30 | 20 | 40 | 60 |
| Sonnenblumen, Lein | 60 | 50 | 40 | 60 | 80 |
| Kartoffeln | 50 | 40 | 30 | 50 | 70 |
| Zuckerrüben | 100 | 80 | 60 | 100 | 120 |
| Futterrüben | 80 | 60 | 40 | 80 | 100 |

Die N-Lieferung des Bodens ist abhängig von der jeweils angebauten Kulturart und den Standortverhältnissen. Diese werden aufgrund der Ackerzahl eingestuft. Die wichtigen Standortfaktoren Bodenart, Bodenentstehung und Zustandsstufe, Tiefgründigkeit und Klimaverhältnisse sind hier mit einbezogen.

Pflanzennutzbare N-Lieferung des Bodens für Mais, zwischen Probenahme und Ernte

| N-Lieferung in kg N/ha bei Mais für Probenahmetermin: | | | | | | |
|---|--------------|----------------|---------------|--------------|-------------|----------------|
| Standortverhältniss e | Ende März | Mitte April | Ende April | Mitte Mai | Ende Mai | Anfang Juni |
| <i>Mineralböden mit</i> | | | | | | |
| Ackerzahl größer 60 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 |
| Ackerzahl 40 - 60 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
| Ackerzahl kleiner 40 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| <i>Organische Böden</i> | | | | | | |
| Anmoor | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 |
| Moor | 110 | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 |

Beim Anbau von Mais ist bei der N-Lieferung des Bodens der Probenahmetermin der Nmin-Untersuchung zu berücksichtigen. Es wird empfohlen, Mais nach der späten Nmin-Methode zu düngen.

Gegebenenfalls sind geringe Stickstoffnachlieferungen in Höhe von etwa 0 bis 20 kg/ha N aus Ernteresten oder aus Zwischenfruchtanbau zu berücksichtigen.

Detaillierte Angaben hierzu sowie zur Berechnung der gesamten N-Menge finden Sie auf der Homepage der LTZ Augustenberg bzw. im Merkblatt zur N-Düngeberechnung vom 18.02.2010.

Dieses Merkblatt enthält weiterführende Grunddatentabellen und Beispiele zur Berechnung der Stickstoffdüngung und ist in diesem Heft teilweise wiedergegeben.

Wichtigste Grundlage der N- Düngung bildet immer die standortbezogene Erfahrung und das Wissen des Betriebsleiters. Bei gleich bleibender Bewirtschaftung kalkuliert er eine mittlere Düngungshöhe für seine Kulturen ein. Auch bei der Aufteilung der Gaben kann er sich auf eigene Erfahrungen stützen.

Hilfen zu Gestaltung der N- Düngung werden angeboten und sind auch zu beachten. Sie sind eine wichtige Hilfe.

Nachfolgendes Rechenschema zeigt beispielhaft die Schritte zur Ermittlung des N-Düngebedarfes.

Rechenschema zur Ermittlung des N-Düngebedarfes

| | | | |
|---|---|---|---------|
| Kultur | | | |
| Stickstoffbedarf | | | kg N/ha |
| Ertragserwartung (dt/ha) | | | |
| N-Entzugswert (kg N/dt Ertrag, Tab. 1) | x | | |
| N-Entzug | | = | |
| Zuschlag für nicht erntbare Restpflanze ¹⁾ | | + | |
| Stickstoffbedarf | | = | |
| Nmin- Bodenvorrat im Frühjahr | | - | |
| N-Lieferung | | | |
| des Bodens (Tab. 2 bzw. 3) | | - | |
| aus Ernteresten der Vorfrucht (Tab. 4) | | | |
| | | - | |
| aus Zwischenfrüchten und aus organischer oder mineralischer N-Düngung ab Ernte der Vorfrucht (Tab. 5) | | | |
| | | - | |
| aus langjähriger organischer Düngung (Tab. 6) | | - | |
| N-Düngung nach guter fachlicher Praxis (organisch und mineralisch) | | = | |
| Begrenzung durch Höchstdüngemenge | | = | |

¹⁾ Für Raps 50 kg N/ha, restliche Ackerkulturen 20 kg N/ha
 Beispielsrechnung auf <http://www.ltz-augustenberg.de> Seite NID: Düngeberechnung Acker- und Sonderkulturen.pdf

3.1.2 Bemessung der 1. Gabe (Sollwertmethode)

Für die Bemessung der 1. Gabe haben sich bundesweit Verfahren etabliert, die auf der N_{\min} -Methode basieren. Die Grundidee geht davon aus, dass jede Fruchtart zu Vegetationsbeginn (Wintergetreide) bzw. für die gesamte Wachstumsperiode (Sommergetreide, Hackfrüchte) für ihre optimale Entwicklung ein bestimmtes N-Angebot benötigt. Diese als **Sollwert** bezeichnete N-Menge entspricht dem im Feldversuch ermittelten optimalen N-Angebot im Frühjahr zum ersten Düngetermin (Startgabe bei Wintergetreide bzw. dem N-Gesamtbedarf der übrigen Kulturen).

Die jeweils erforderliche N-Düngermenge errechnet sich wie folgt:

Höhe der 1. Gabe =

N-Sollwert – N_{\min} -Vorrat \pm Zu- und Abschläge nach schlag-spezifischen Gegebenheiten

Die Menge an pflanzenverfügbarem N zu Vegetationsbeginn in der Wurzelzone (N_{\min}) kann stark von Bodenart und Temperatur sowie Höhe der Winterniederschläge beeinflusst sein. Deshalb ist eine Messung kurz vor Vegetationsbeginn (oder eine Orientierung an Daten von Referenzflächen des amtlichen Dienstes) sinnvoll und entspricht den Regeln der „**guten fachlichen Praxis**“. Üblicherweise werden dazu im durchwurzelbaren Bereich von 0 – 60 cm bzw. 0 – 90 cm die pflanzenverfügbaren Nitrat- und Ammonium-N-Mengen nach der N_{\min} -Methode bestimmt.

N-Sollwert (kg/ha) für wichtige Fruchtarten

| Fruchtart | Ertragsniveau dt/ha | Gabe Sollwert |
|-------------------------------|------------------------|------------------|
| Winterweizen | 60-80 | 120 |
| Triticale | 60-80 | 90 |
| Wintergerste | 60-80 | 90 |
| Braugerste | 60-70 | 110 |
| Futtergerste | 60-70 | 110 |
| Hafer | 40-60 | 90 |
| Winterroggen | 50-60 | 80 |
| Winterraps | 30-40 | 140 |
| Sonnenblumen | - | 100 |
| Zuckerrüben | 500-650 | 120 |
| Futterrüben (Gehaltsrüben) | 600-800 | 120 |
| Kartoffel je nach Sorte | 300-450 | 180 |
| Silomais | >500 | 100 |
| Körnermais | 80-100 | 100 |

Quelle: Nitrat- Informationsdienst Baden-Württemberg

Zu- bzw. Abschläge erfolgen je nach Vorfrucht, Zwischenfrucht, Sorte, Ertragsniveau, Bestandsentwicklung, Einsatz organischer Dünger, Viehbesatz des Betriebes. Über Einzelheiten zur Methode informieren die Beratungsbroschüren des Nitrat-Informationsdienstes Baden Württemberg.

3.1.3 Bemessung der Nachdüngung

Aus der organischen Bodensubstanz und organischen Düngestoffen (Stallmist, Gülle, Zwischenfrüchte, Sekundärrohstoffdünger) wird bei steigender Bodentemperatur und ausreichender Feuchtigkeit Stickstoff von den Mikroorganismen mineralisiert. Diese Mengen sind für Wintergetreide bei Bemessung der 2. und 3. N-Gabe bzw. bei den übrigen Kulturen bei Festlegung der Gesamt-N-Menge zu berücksichtigen.

Die N-Nachlieferung kann durch Feldversuche ermittelt oder mit anderen Hilfsmitteln geschätzt werden.

Es bieten sich folgende Methoden an:

- Anlage eines Düngefensters
- Nitrat-Schnelltest (nach Scharf und Wehrmann)
- N-Tester (optische Messung der Grünfärbung)

Soll ein Teil des N-Düngebedarfs durch Wirtschaftsdünger abgedeckt werden, ist dabei die – aufgrund der Mineralisation – verzögerte Wirkung zu beachten.

Außerdem sind die Verluste durch gasförmige Entbindung bzw. durch Auswaschung von der Gesamt-N-Zufuhr aus dieser Quelle in Abzug zu bringen.

3.2. Stickstoff auf Grünland

Die Stickstoffdüngung beeinflusst den Masseertrag, den Proteingehalt und die Anteile an Gräsern. Die Höhe der N-Düngung richtet sich nach der Zusammensetzung des Bestandes, der Nutzungshäufigkeit und dem Ertrag. Ein Teil des Stickstoffbedarfs wird durch die Standortlieferung abgedeckt. Dieses pflanzenverfügbare N-Angebot muss deshalb bei der Düngeberechnung vom Stickstoffbedarf abgezogen werden. Die Höhe der N-Lieferung des Standortes wird sehr stark von Jahreswitterung und Standort beeinflusst. Demnach wird auf Standorten mit hohen Niederschlägen und

höheren Temperaturen während der Vegetationsperiode mehr Stickstoff mineralisiert. Von dem Stickstoff, der in organischen Verbindungen im Boden vorliegt, wird jährlich unter Grünland ca. 1 - 2 % mineralisiert.

Bemessung der Stickstoffdüngung

Falls keine konkreten, betriebsspezifischen Zahlen für den Ertrag zur Verfügung stehen, sind die Tabellenwerte zu verwenden. Für die Ausbringung stickstoffhaltiger Dünger müssen bestimmte Sperrfristen und in Wasserschutzgebieten bestimmte Verbotzeiträume sowie Schutzbestimmungen beachtet werden.

Günstige und ungünstige Standorte

Für die Berechnung der ordnungsgemäßen Düngung wird zwischen Standorten mit günstiger und ungünstiger Ertragslage unterschieden.

Auf Standorten mit günstiger Ertragslage ist die Biomasseproduktion hoch, so dass in der Regel drei oder mehr Nutzungen möglich sind. Standorte mit ungünstiger Ertragslage können meist nur zweimal genutzt werden.

Stickstoffdüngung von Weiden

Nährstoffe, die während der Beweidung als Exkremate auf die entsprechenden Flächen zurückfließen, müssen bei der Ermittlung der Düngemenge berücksichtigt werden. Allerdings ist der Wirkungsgrad aufgrund ungleicher Verteilung recht gering. Zur Vermeidung der unregelmäßigen Verteilung der Exkremate, empfehlen sich regelmäßige Pflegemaßnahmen, wie Mulchen oder Abschleppen zur Verteilung der Fladen nach dem Abtrieb der Weidetiere.

N-Düngebedarf von Dauergrünland LAZBW Aulendorf Januar 2008

| Nutzungshäufigkeit | Ertragsziel (Netto) dt/ha | N-Entzug kg N/ha, kg/dt TM | N-Lieferungen Mineralböden kg N/ha | N-Düngebedarf Mineralböden kg N/ha | N-Düngebedarf Anmoor und Moor ** kg N/ha | |
|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|-----|
| Günstige Ertragslage | | | | | | |
| 2 Nutzungen | 60 | 1,6 | 95 | 40 | 55 | 0 |
| 3 Nutzungen | 75 | 2,2 | 165 | 45 | 120 | 20 |
| 4 Nutzungen | 90 | 2,7 | 245 | 50 | 195 | 95 |
| 5 Nutzungen | 110 | 2,8 | 305 | 60 | 245 | 145 |
| 6 Nutzungen | 120 | 2,9 | 350 | 60 | 290 | 190 |
| Ungünstige Ertragslage | | | | | | |
| 1 Nutzung | 40 | 1,3 | 50 | 30 | 20 | 0 |
| 2 Nutzungen | 55 | 1,8 | 100 | 30 | 70 | 0 |
| 2-3 Nutzungen | 65 | 1,9 | 125 | 40 | 85 | 0 |
| 3 Nutzungen | 70 | 2,2 | 155 | 40 | 115 | 15 |
| 3-4 Nutzungen | 80 | 2,4 | 190 | 45 | 145 | 45 |

* Nettoertrag = Bruttoertrag abzüglich auf der Fläche verbleibender Bröckelverluste ** bei anmoorigen und moorigen Böden ist eine Standortlieferung von zusätzlich 100 kg N/ha anzusetzen

Weitergehende Informationen auf der Homepage des LAZBW Aulendorf bzw. im Merkblatt „Umweltgerechte Landwirtschaft“, Nr. 13 (4. Auflage, Oktober 2007) und Nr. 26, März 2009

3.3. Stickstoff in Dauerkulturen (Obst, Reben, Strauchbeeren)

Das bisher erläuterte Prinzip ist bei Dauerkulturen wie Obst, Reben usw. nur sehr schwer zu verwirklichen, da als Nettoentzug mit den genutzten Früchten oftmals nur wenig Stickstoff endgültig entzogen wird. Andererseits ist aber der jährliche Bedarf der Pflanzen zum Wachstum von Blättern, Holz usw. recht hoch. Vielfach verbleiben große Mengen der jährlich nachwachsenden Pflanzenteile infolge Mulchwirtschaft auf der Fläche und bewirken sehr hohe N-Lieferungen des Bodens.

Für die Bemessung der N-Düngung gibt es daher zwei Möglichkeiten:

1. Kalkulation der N-Lieferung aufgrund von Erfahrungswerten. Entscheidende Einflussgrößen sind dafür der Humusgehalt, das Alter der Anlage, die Tiefgründigkeit der Böden und der Witterungsverlauf.
2. Die Analyse des Bodens auf den Gehalt an löslichem Stickstoff (N_{min}) und Ergänzung mit Mineraldünger auf bestimmte Sollwerte. Bei Dauerkulturen haben sich zwei Termine für die N_{min}-Methode als vorteilhaft erwiesen und zwar zum Austrieb und bei der Blüte.

Regelmäßige organische Düngung mit Stroh, Stallmist oder Kompost wird entweder über einen höheren N_{min}- Vorrat des Bodens oder über Teile der errechneten Gesamt-N-Düngung berücksichtigt.

3.4. N-Düngung in Wasserschutzgebieten

Vorgehensweise zur Ermittlung der zulässigen Stickstoffdüngung in Wasserschutzgebieten (in Anlehnung an die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung in Baden-Württemberg „SchALVO“)

Für Flächen, die in Problem- und Sanierungsgebieten liegen, gelten besondere Schutzbestimmungen für die Anwendung von Mineraldüngern. Hier muss die Einteilung in A-Böden (auswaschungsgefährdet) und B-Böden (weniger auswaschungsgefährdet) beachtet werden. In Wasserschutzgebieten der Zone II und III, die als Normalgebiet ausgewiesen sind, bestehen die Grundlagen der ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung (OgL).

N-Düngung im Frühjahr in Problem- und Sanierungsgebieten:

-In allen ackerbaulichen Kulturen außer Mais gilt:

Die Einzelgabe innerhalb von 3 Wochen darf auf A-Böden höchstens 50 kg N/ha beinhalten. Diese Menge kann auf 80 kg N/ha angehoben werden, wenn sogenannte „langsam wirkende Dünger“ eingesetzt werden. Auf B-Böden liegen die Höchstmengen bei 80 kg N/ha schnell wirkender Dünger bzw. 100 kg N/ha bei „langsam wirkenden Düngern“

Besondere Bestimmungen zur Stickstoffdüngung im Mais:

Startdüngung: höchstens 40 kg anrechenbarer N/ha (nur „langsam wirkende Dünger“ verwenden) oder Gülle, höchstens 60 kg anrechenbarer N/ha mit Zugabe von Nitrifikationshemmstoffen oder mineralische N-Düngung als Reihen- oder Unterfußdüngung.

Zweite Stickstoffdüngung: bis zur Höhe des nach der „späten Nmin-Methode“ ermittelten Restbedarfs frühestens ab 6-Blatt-Stadium

Detaillierte Angaben zur Düngung in Wasserschutzgebieten finden Sie auf der Homepage des MLR Stuttgart oder des LTZ Augustenberg bzw. im Merkblatt „Umweltgerechte Landbewirtschaftung“, Nr. 20 (4. Auflage, Dezember 2008)

3.5 Wirkungsweise der Stickstoffdünger

3.5.1. Wirkungsweise mineralischer N-Formen

Unterschiede in der Wirkungsgeschwindigkeit spielen eine wichtige Rolle. Dies sollte bei der Wahl des Düngers und des Anwendungstermins gezielt genutzt werden. Anzahl und optimale Anwendungstermine der Teilgaben sind abhängig von der gewählten Düngerform.

- Sofort wirksam sind N-Dünger mit hohem Nitratanteil (z.B. KAS, Kalksalpeter), die sich daher als Kopfdünger besonders eignen.
- Mäßig schnell wirken die Ammoniumdünger (z.B. ASS, SSA). Ammonium kann zwar sofort von den Wurzeln aufgenommen werden, ist im Boden aber wenig beweglich. Erst nach Umwandlung in Nitrat wird eine bessere Beweglichkeit erreicht. Die Wirkungsgeschwindigkeit von Amiddüngern (Harnstoff) ist gegenüber Ammoniumdüngern nur unwesentlich verzögert. Der Prozess der Umwandlung (Hydrolyse) von Harnstoff zu Ammonium benötigt lediglich einen Zeitraum von 1 bis 4 Tagen in Abhängigkeit von der Bodentemperatur.
- Schnell und mäßig schnell wirken Kombinationen der Nährstoffformen (z.B. Kalkammonsalpeter oder Ammonium-Nitrat-Harnstoff-Lösung, ASS).
- Langsamer und nachhaltig wirkend ist Kalkstickstoff, da dieser über mehrere Zwischenstufen zu Nitrat umgesetzt wird.
- Stabilisierte N-Dünger: Der Zusatz eines Nitrifikationshemmstoffes verzögert die Umwandlung des Ammoniums zu Nitrat im Boden. Für eine Sofortwirkung enthalten solche Dünger meist auch eine ausreichende Menge an Nitratstickstoff.

Bei den Nebenbestandteilen ist von Bedeutung, ob sie z.B. wie das Sulfat als Nährstoff positiv wirken. Neben diesen stofflichen Einflüssen sind die physikalischen Eigenschaften der Düngemittel für die Pflanzenverträglichkeit von Bedeutung. Hat beispielsweise AHL eine hohe Oberflächenspannung (Markenware), so ist die Gefahr von Verätzungen bei Blattdüngung wesentlich geringer.

3.5.2.Kalkstickstoff

Beim Kalkstickstoff handelt es sich um eine besondere N-Form, die aufgrund ihrer speziellen Sonderwirkungen sehr gezielt eingesetzt wird.

Neben der stabilen N-Wirkung und dem hohen Kalkgehalt ist besonders der Effekt auf Schadpflanzen sowie auf verschiedene pilzliche und tierische Schaderreger interessant.

Durch den Einsatz von Kalkstickstoff lässt sich im Ackerbau die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln reduzieren. Im Grünland ist die Kalkstickstoffdüngung ein Beitrag zur Bestandsverbesserung und zur Parasitenbekämpfung. Im Gemüsebau füllt der Kalkstickstoff Lücken, die durch Pflanzenschutzmittel nicht (mehr) abgedeckt werden können.

Um die Sondereffekte des Kalkstickstoffs voll ausnutzen zu können, ist eine gezielte Anwendung wichtig.

Düngung mit Kalkstickstoff

| Kultur | Kalkstickstoff-Anwendung | Wirkungen |
|------------------|---|---|
| Getreide | 3-4 dt/ha zu Vegetationsbeginn | Standfestigkeit, Unkraut, Windhalm, Pflanzengesundheit (z.B. Halmbruch) |
| Raps | 2-3 dt/ha vor der Saat 3-4 dt/ha im Frühjahr | Standfestigkeit, Schnecken, Unkraut, Pflanzengesundheit (z.B. Rapskrebs) |
| Mais | 4 dt/ha nach der Saat, vor dem Auflaufen | anhaltende N-Wirkung, Unkraut, Pflanzengesundheit (z.B. Stängelfäule), Wildschweinabwehr |
| Zuckerrüben | 4-6 dt/ha 2-3 Wochen vor der Saat | Auflaufsicherung, Unkraut, anhaltende N-Wirkung, Qualitätsverbesserung |
| Kartoffeln | 4-5 dt/ha vor dem Auflaufen | Bodenlockerung, Unkraut, Pflanzengesundheit, Qualitätsverbesserung |
| Grünland | 3-4 dt/ha zu Vegetationsbeginn | mehr Untergräser, weniger Löwenzahn, Hahnenfuß, Vogelmiere, Ehrenpreis, Moos, weniger Weideparasiten |
| Gemüse | 3-10 dt/ha 1-3 Wochen vor Saat bzw. Pflanzen. Bei Kohlartern und Zwiebelgewächsen 3-4 dt/ha als Kopfdüngung | intensive Bodenreinigung (Unkraut sowie zahlreiche pilzliche und tierische Schaderreger), Bodenlockerung, Qualitätsverbesserung (Festigkeit, Haltbarkeit) durch stabile N-Wirkung |
| Erdbeeren | 3-5 dt/ha vor dem Pflanzen 3-4 dt/ha im Frühjahr auf trockenen Bestand | stabile N-Wirkung, kein Überwachsen, Bodenreinigung, Pflanzengesundheit |
| Obstbau, Weinbau | 3-5 dt/ha im Frühjahr vor Austrieb | gleichmäßige N-Wirkung, Bodengesundheit |

3.5.3 Wirkung des Stickstoffs in organischen Düngern

Alle nach oder zu Vegetationsbeginn im Frühjahr anzuwendenden organischen Dünger (Festmist, Gülle, Jauche, Klärschlamm) sind bei der aufgeführten Bilanzierung zu berücksichtigen, und zwar

| | |
|--|----------|
| der lösliche, meist in Ammoniumform vorliegende Stickstoff | zu 100 % |
| der restliche, organisch gebundene Stickstoff | zu 25 % |

Demgegenüber werden im Sommer und Herbst des Vorjahres verabreichte organische Dünger entweder durch eine im zeitigen Frühjahr vorgenommene N_{\min} -Untersuchung erfasst oder in Form der Nachwirkung berücksichtigt.

Nährstoffgehalte organischer Dünger tierischer Herkunft werden stark beeinflusst:

- vom TM-Gehalt
- von der Futtergrundlage
- von der Milchleistung
- von der Nutzungsrichtung (Bullenmast, Milchvieh)

Deshalb sollten als Grundlage für eine gezielte Düngung Gülleanalysen durchgeführt werden. Es wird empfohlen, 1-2 x jährlich im Betrieb eine Gülleanalyse auf den TM-Gehalt und auf Gesamt-N, Phosphat, Kali, Magnesium und Kalk durchführen zu lassen. Bei der Schweinegülle ist auch die gelegentliche Analyse von Kupfer vorteilhaft. Für die Bestimmung des Ammoniumstickstoffs hat sich z. B. der „Gülle-Max“ gut bewährt. Letztere Analyse kann auf dem Hof durchgeführt werden. Für die Höhe der Einzelgabe ist der Ammonium-Gehalt die wichtigste Größe. Liegen keine Analysenwerte vor, ist mit den Faustzahlen für die anrechenbaren N-Mengen in organischen Düngern zu rechnen.

4. Phosphor

4.1 Phosphor im Boden

Phosphor liegt im Boden in organischen und anorganischen Bindungsformen vor. Je nach Bodenart und Humusgehalt schwanken die Bindungsanteile zwischen 20 bis 80 %. Vereinfacht dargestellt lassen sich drei unterschiedliche Phosphatfraktionen im Boden unterscheiden:

- in der Bodenlösung direkt pflanzenverfügbares Phosphat (ca. 1 bis 2 kg/ha)
- labiles, leicht gebundenes Phosphat
- stabiles Phosphat, trägt in der Regel nicht zur Pflanzenernährung bei

Zwischen den einzelnen Fraktionen bestehen dynamische Gleichgewichte. Die Erhöhung der Phosphatkonzentration der Bodenlösung, z.B. durch Düngung hat zur Folge, dass gelöstes Phosphat in labile, gebundene Fraktionen überführt wird. Sinkt der P-Gehalt der Bodenlösung durch Aufnahme der Pflanzen ab, wird aus der labilen Fraktion leicht gebundenes Phosphat nachgeliefert und somit die Bodenlösung wieder aufgefüllt.

Mobilität verbessern

Dieser dynamische Prozess wird in erheblichem Maß vom pH-Wert des Bodens beeinflusst. Am höchsten ist die Mobilität des Phosphats bei pH-Werten zwischen 6 und 7. Oberhalb und unterhalb dieses Bereiches sinkt die Phosphatverfügbarkeit. Da Phosphor wie Kalium aktiv durch Diffusion von den Wurzelspitzen aufgenommen wird, spielt die Bodenart, die Bodentemperatur, die Bodenbearbeitung und die biologische Aktivität eine wichtige Rolle für die P-Verfügbarkeit und Nachlieferung.

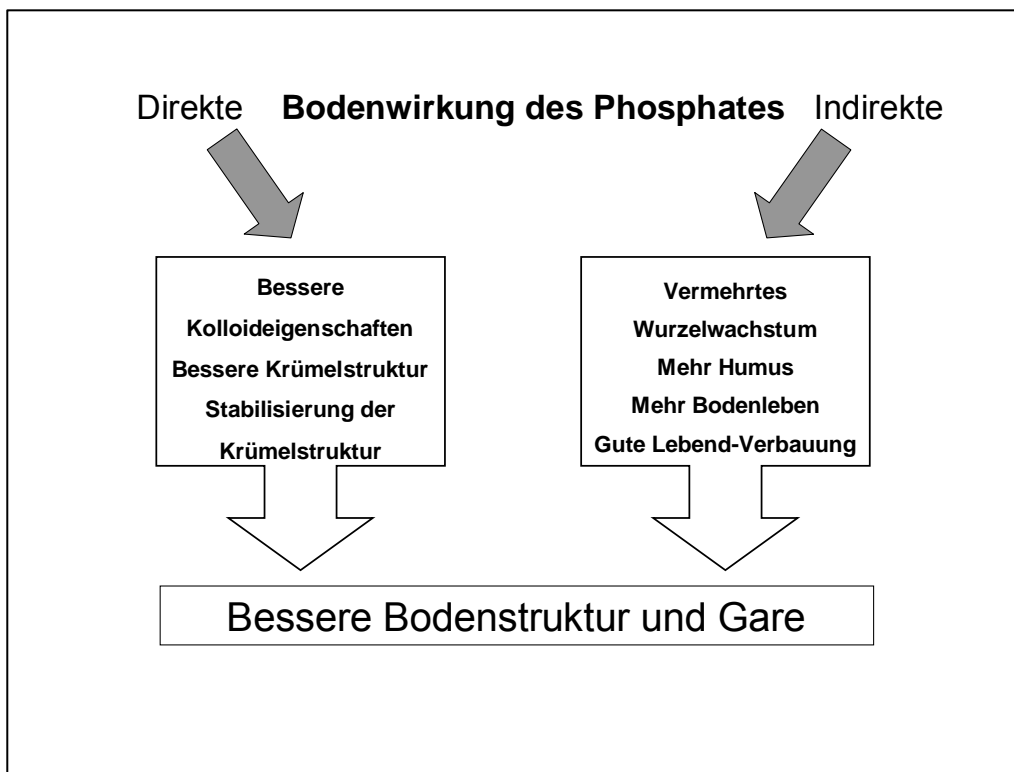
Der von der Pflanze benötigte Phosphor wird überwiegend aus den Phosphatvorräten des Bodens bereitgestellt. Die aktuelle Düngung stellt den Pflanzen nur einen Teil des benötigten Phosphors zur Verfügung. Ziel der Phosphordüngung ist vorrangig die Aufrechterhaltung einer optimalen und pflanzenverfügbaren Phosphatmenge im Boden.

Bodenwirkung

Ähnlich wie Kalk wirkt Phosphor als Krümelbildner und Krümelstabilisator. Auf zwei verschiedene Arten wird diese Aufgabe erfüllt:

Direkt: Phosphor kann Bodenkolloide direkt ausfällen. Kleinste Bodenteilchen werden zu größeren und stabileren verkittet.

Indirekt: Da Phosphor das Pflanzenwachstum fördert wird vermehrt Wurzelmasse gebildet. Damit ist auch ein höherer Anfall an organischer Substanz verbunden. Diese begünstigt wiederum die Entwicklung und Vermehrung der Kleinstlebewesen und damit die so genannte Lebendverbauung der Böden.



Einstufung der Gehaltsklassen für **Phosphat** auf Acker- und Grünlandböden nach der CAL-Methode in mg/100 g Boden (LTZ Augustenberg, 2010)

| Gehaltsklasse | A | B | C | D | E |
|---------------|------|--------|---------|---------|------|
| Mineralboden | < 5 | 6 - 9 | 10 - 20 | 21 - 34 | > 34 |
| Moorboden | < 11 | 11- 20 | 21 - 30 | 31 - 40 | > 40 |

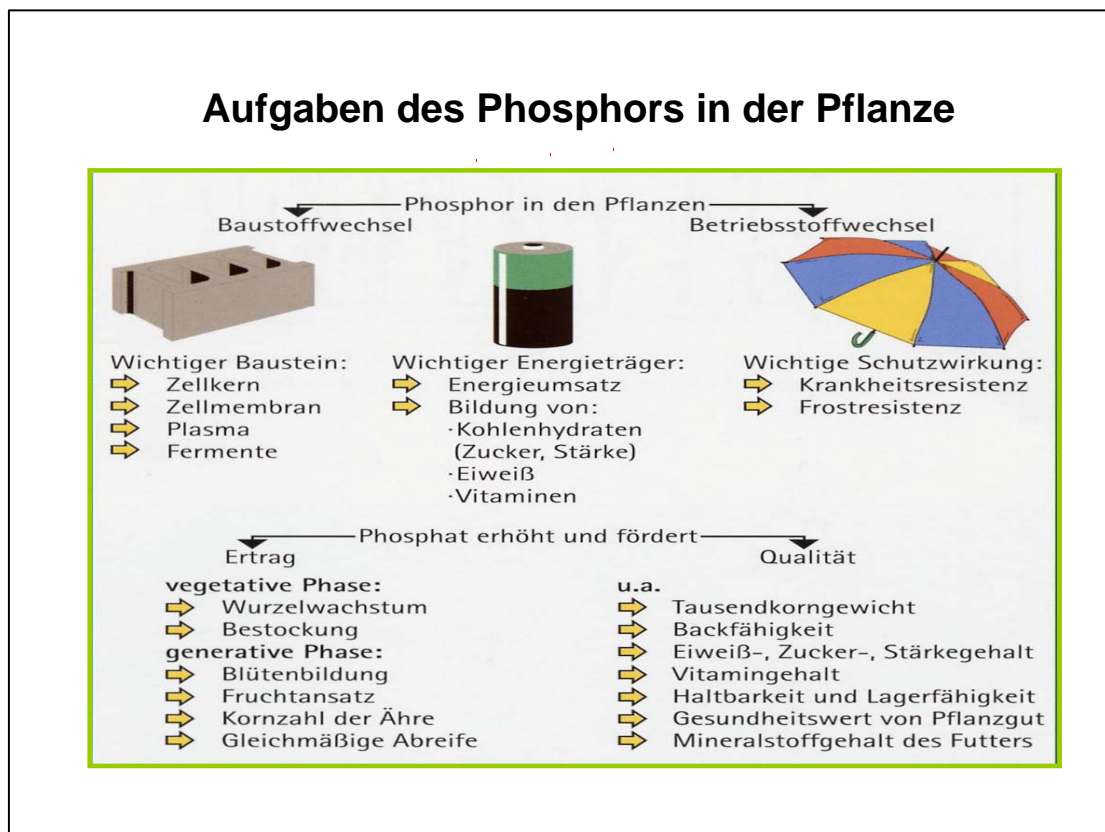
4.2 Phosphor in der Pflanze

Phosphor erfüllt verschiedene Aufgaben in der Pflanze:

- als Zellbaustein zur Aufrechterhaltung der Zellstruktur (z.B. Zellmembranen)
- als Baustein der DNS und RNS Träger der Erbinformationen
- als Bestandteil lebenswichtiger Fermente zur Steuerung von Zellfunktionen
- als Energieträger an allen Stoffwechselfvorgängen wie Kohlenhydrat-, Fett- und Eiweißstoffwechsel beteiligt.

Aufgrund der elementaren Funktionen in der Pflanze trägt Phosphor dazu bei, die Krankheits- und Frostresistenz zu erhöhen.

Durch die Förderung des Wurzelwachstums wird besonders die Wasseraufnahme und Nährstoffaneignung verbessert.



4.3 Wirkung der Phosphatdüngung auf die Qualität verschiedener Kulturen

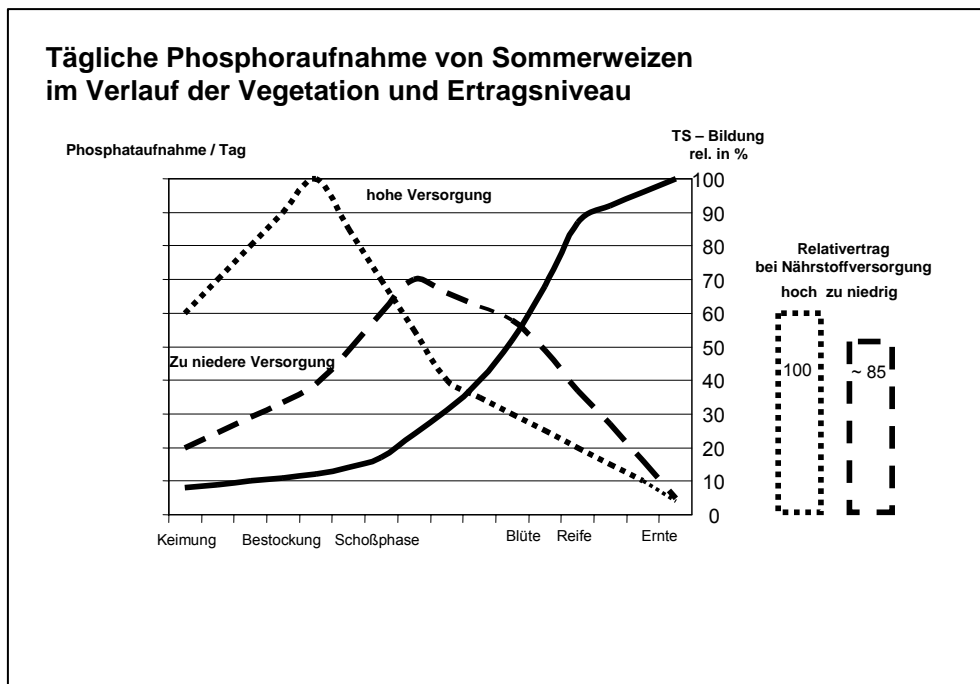
Neben den Wirkungen auf Boden und Ertrag beeinflusst Phosphor unmittelbar die Qualitätsfaktoren der Ernteprodukte. Die nachfolgende Tabelle zeigt die wichtigsten Qualitätsparameter bei unseren landwirtschaftlichen Kulturen.

| Kultur | Phosphorwirkung auf... |
|---------------------|---|
| Weizen, Gerste | Bestockung, TKG, Klebergehalt, Backvolumen |
| Braugerste | Vollgerstenanteil, Extraktgehalt |
| Raps | Blüten-/Schotenansatz |
| Mais | Jugendentwicklung, Stärkegehalt |
| Kartoffeln | Knollenansatz, Stärkegehalt, Keimfähigkeit |
| Zuckerrüben | Ertrag, Zuckerausbeute |
| Obst, Gemüse | Blütenbildung, Fruchtansatz, Vitamingehalte B1, D |
| Futterbau, Grünland | Ertrag, P-Mineralstoffgehalt, Carotingehalt, |

4.4 Hohe Erträge nur bei termingerechtem Phosphorangebot

Ein Pflanzenbestand benötigt über die gesamte Vegetationsperiode ausreichend Phosphor. Bei Getreide wird in der Jugendphase zwischen Bestockung und Schoßphase besonders viel Phosphor benötigt. Eine Aufnahme von 2 bis 3 kg/ha Phosphor pro Tag ist in dieser Zeit keine Seltenheit. In der Bodenlösung ist dagegen nur ca 1,5 kg/ha gelöst. Somit reicht die Menge im Boden nicht immer aus, den Bedarf in dieser Zeit zu decken. Aus diesem Grund ist es notwendig, dem Pflanzenbestand regelmäßig gedüngtes Phosphor anzubieten, denn hohe Erträge sind nur dann zu erreichen, wenn dieser Spitzenbedarf gedeckt werden kann.

Ein Schwerpunkt der Phosphoraufnahme liegt in Jugendentwicklung, der vegetativen Wachstumsphase. Jedoch wird eine gleichmäßige Phosphorversorgung auch später, in der generativen Wachstumsphase benötigt.



Blattkulturen, allen voran der Mais, haben einen hohen Anspruch an die Phosphorversorgung des Boden sowie an die aktuelle Düngung. So muss der Mais beispielsweise drei Viertel seines gesamten P-Bedarfes innerhalb von etwa sieben bis acht Wochen aufnehmen.

Verteilung der Nährstoffaufnahme von Mais in Prozent

| Stadium | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO |
|---|----|-------------------------------|------------------|-----|
| Bis zum 4-Blatt-Stadium | 2 | 1 | 4 | 3 |
| 4-Blatt-Stadium bis Eintrocknen der Narbenfäden | 85 | 73 | 96 | 78 |
| Kolbenbildung und später | 13 | 26 | 0 | 19 |

4.5 Wirtschaftliches Düngungsoptimum

Das wirtschaftliche Düngeoptimum bei Phosphor stellt sich bei einem Bodengehalt von 10-20 mg P_2O_5 je 100 g Boden ein. Dies entspricht der Gehaltsklasse C. Bei anspruchsvollen Blattkulturen ist der obere Bereich der Gehaltsklasse C anzustreben.

Die langjährige Unterlassung der Phosphordüngung führt zum Raubbau an der Bodenfruchtbarkeit und entspricht nicht den Ansprüchen einer nachhaltigen Landbewirtschaftung. Selbst Böden, die in die Gehaltsklasse C eingestuft werden, zeigen deutliche Ertragseinbußen wenn die Phosphordüngung unterlassen wird.

Ertragsausfälle in %
bei Unterlassung der Phosphordüngung

| Gehalts- klasse | Blattfrüchte | Getreide |
|--------------------|--------------|-----------|
| A | 28 | 22 |
| B | 17 | 13 |
| C | 7 | 11 |
| D | 8 | 7 |
| E | 2 | 0 |

Kerschberger und Franke, Thüringer Landesanstalt 1997,
Vortrag Sindelfingen 2002

Erwartungsgemäß fallen Mehrerträge vor allem bei Getreide auf gut versorgten Böden geringer aus als auf schlecht versorgten. Mit einem Phosphoreinsatz von etwa 60 kg/ha und Jahr lässt sich jedoch ein Abfallen in schlechtere Gehaltsklassen verhindern, wie langjährige Feldversuche belegen.

Ergebnisse langjähriger Feldversuche

Mehrerträge durch Phosphordüngung

gewichtetes Mittel, 504 Exaktversuche

| Gehaltsklasse Düngung | A/B | C | D |
|--|---|---|--|
| | Böden < 10 mg 120 kg P ₂ O ₅ | Böden 10 - 20 mg 60 kg P ₂ O ₅ | Böden > 20 mg 60 kg P ₂ O ₅ |
| <u>Blattfrüchte</u> Rüben, Mais Kartoffeln, Raps | 14,5 dt GE n=51 | 8,1 dt GE n=46 | 5,0 dt GE n=44 |
| <u>Getreide</u> vorwiegend WW, WG | 5,2 dt GE n=118 | 2,8 dt GE n=138 | 1,2 dt GE n=107 |

Quelle: Versuchsanstalt Kamperhof; Auswertung P. Heintze

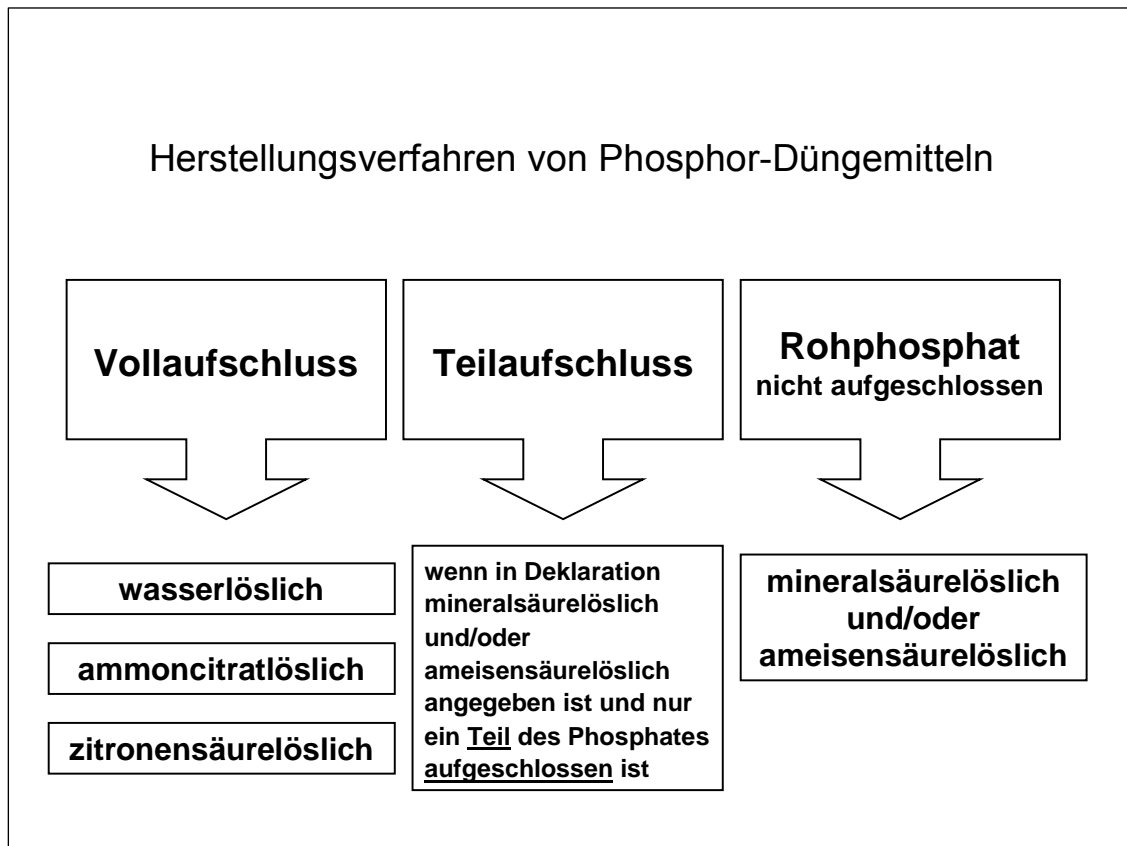
4.6 Phosphor- ein schwer zugänglicher Nährstoff

Phosphor ist im Gegensatz zu Stickstoff oder Schwefel im Boden wenig beweglich. Deshalb trägt nur der Boden in unmittelbarer Nähe der Wurzelspitze zur P-Ernährung bei. Auch wasserlöslicher Phosphor aus Mineraldüngern wird im Boden schnell in bodeneigene, wasserunlösliche P-Formen umgewandelt und an Bodenteilchen gebunden. Deshalb wird wasserlöslicher Phosphor, wie auch die anderen Phosphorformen, nicht in tiefere Schichten ausgewaschen.

Bei Rohphosphaten, wie sie in natürlichen Lagerstätten vorkommen, kommt es darauf an, die Apatitstruktur des Ausgangsmaterials aufzuschließen. Dadurch wird der Phosphor in eine gut lösliche und pflanzenverfügbare Form überführt.

4.7 Phosphordüngemittel

Herstellungsverfahren



- Voll aufgeschlossene Phosphate sind zum Düngungszeitpunkt voll pflanzenverfügbar
- Bei Phosphaten mit Teilaufschluss wird aus Kostengründen mit einem verminderten Säureeinsatz gearbeitet. Dadurch entstehen Düngemittel, die nur einen bestimmten Anteil an voll aufgeschlossenem Phosphat enthalten
- Rohphosphate können erst durch die Säureausscheidungen an den Wurzelspitzen langsam aufgeschlossen werden. Als Düngerphosphate kommen nur weicherdeige Rohphosphate und diese auch nur nach feinsten Vermahlung in Frage. Bei Säureaufschluss wird Schwefel- oder Salpetersäure eingesetzt. Wird letztere verwendet entstehen Stickstoff-Phosphor-Verbindungen. Auf Böden mit hohen pH-Werten sollten immer aufgeschlossene P-Dünger verwendet werden.

Die Düngemittelverordnung unterscheidet nach den Phosphorlöslichkeiten und dem entsprechenden Aufschlussgrad. In der nachfolgenden Tabelle wird dies beispielhaft aufgezeigt.

| Phosphatlöslichkeiten nach Düngemittelverordnung | Verfahren |
|---|--|
| Wasserlösliches P_2O_5 | Vollaufschluss |
| Neutral-ammoncitratlösliches P_2O_5 | Vollaufschluss |
| Neutral-ammoncitratlösliches und wasserlösliches P_2O_5 | Vollaufschluss |
| Alkalisch-ammoncitratlösliches P_2O_5 (Petermann) | Vollaufschluss |
| In 2%iger Zitronensäure lösliches P_2O_5 | Vollaufschluss |
| In 2%iger Zitronensäure und in alkalischem Ammoncitrat (Petermann) lösliches P_2O_5 | Vollaufschluss |
| Mineralsäurelösliches P_2O_5 davon mindestens 75 % des angegebenen Gehalts an P_2O_5 in alkalischem Ammoncitrat (Joulie) löslich | Teilaufschluss |
| Mineralsäurelösliches P_2O_5 , davon mindestens 45 % des angegebenen Gehalts an P_2O_5 in 2%iger Ameisensäure löslich, mindestens 20 % des angegebenen Gehalts an P_2O_5 wasserlösliches P_2O_5 | Teilaufschluss |
| Mineralsäurelösliches P_2O_5 , ausschließlich mineralsäurelösliches P_2O_5 | Nicht aufgeschlossen Rohphosphat |
| Mineralsäurelösliches P_2O_5 , davon mindestens 55 % des angegebenen Gehalts an P_2O_5 in 2%iger Ameisensäure löslich | Nicht aufgeschlossen Rohphosphat |

4.8 Phosphor in organischen Düngern

Die Rücklieferung über Wirtschaftsdüngern ist in viehhaltenden Betrieben erheblich und muss bei der Düngeplanung natürlich berücksichtigt werden. Allerdings schwanken die Gehalte je nach Besatzstärke, Tierart und Fütterung beachtlich. Auch ist davon auszugehen, dass durch Umstellungen in der Fütterung die P_2O_5 -Gehalte besonders in der Rinder- und Schweinegülle zurückgehen werden.

In der Rinder und Schweinegülle liegt etwa 70 % des Phosphors, in der Hühnergülle 50 % in anorganischer Form vor und ist damit für die Pflanzen leicht verfügbar. Der Rest ist in relativ festen organischen Bindungen (Phytin) eingebaut.

In anderen organischen Abfallstoffen, die in der Landwirtschaft verwertet werden (z.B. Knochenmehl) liegt der Anteil an verfügbarem Phosphor noch deutlich niedriger. Solche Stoffe belasten durch die Anrechnung des Gesamt-Phosphorgehaltes die Düngebilanz ohne dabei einen nennenswerten Beitrag zur Phosphorernährung der Kultur zu leisten.

5. Kalium

5.1 Kalium in der Pflanze

Beim Nährstoffbedarf fast aller Pflanzenarten steht Kalium mengenmäßig an erster Stelle. Es steuert viele wichtige Stoffwechselfvorgänge in der Pflanze.

- **Kalium begünstigt die Photosynthese**

Bei der Photosynthese bzw. CO₂-Assimilation sind zahlreiche Enzyme beteiligt, die durch Kalium aktiviert werden. In den Blättern mit guter K-Versorgung ist daher die CO₂-Assimilation deutlich höher als in Blättern mit schlechter Kaliversorgung.

- **Kalium fördert den Assimilattransport „Kalidünger - Erntebringer“**

Je schneller der Abtransport der wertbestimmenden Inhaltsstoffe wie Zucker und Stärke aus dem Blatt in die Speicherorgane erfolgt, umso eher können in den Blättern neue Stoffe gebildet werden. Dieser Abtransport ist von einer guten Kaliumversorgung abhängig. Dadurch erhöht Kalium beispielsweise die Kornzahl pro Ähre, begünstigt die Kornbildung und damit das Tausendkorngewicht.

- **Bessere Wasserausnutzung durch Kalium „Kalium spart Regen“**

Bei schlechter Nährstoffversorgung der Pflanzen verdunstet viel Wasser unproduktiv, d. h. es trägt nicht wesentlich zur Produktion von Trockenmasse bei. Die Pflanzen regulieren die Wasserabgabe mit Hilfe der Spaltöffnungen (Stomatas) an der Blattunterseite; ein rasches Schließen und Öffnen der Stomatas ist von einem ausreichend hohen Kaligehalt der Zellen in diesem Bereich abhängig.

- **Kalium schützt vor Frost „Kalium macht winterhart“**

Bei guter Kaliernährung der Pflanze werden ausreichend Stoffe in die Zelle eingelagert, die den Gefrierpunkt des Zellsaftes erniedrigen. Da Kali die Bildung eines kräftigen und dichten Wurzelwerkes fördert, wirkt sich ein Auffrieren des Bodens und Abreißen eines Teiles der Wurzeln nicht so schädlich aus.

- **Festigung der Zellwände - „Kali stärkt den Halm“**

Kalium hilft der Pflanze, Kohlenhydrate und damit Stützgewebe zu produzieren. Dadurch wird das „schwammige Gewebe“ reduziert und die Standfestigkeit der Kulturen verbessert. Ein festes Zellgewebe macht Pflanzen auch weniger anfällig für Pilze und Schädlinge.

- **Verbesserung der Qualität „Kalium düngen – Qualität ernten“**

Kalium erhöht gewünschte Inhaltsstoffe wie Zucker, Stärke und Vitamine. Bei vielen Ernteprodukten werden die Verarbeitungseigenschaften und die Haltbarkeit der Produkte verbessert.

- **Bessere Stickstoffausnutzung durch Kalium „Stickstoff braucht Kali“**

Hohe Stickstoffgaben fördern die Ausbildung der grünen Pflanzenteile. Bei unzureichender Kaliumversorgung kann es zur Ausbildung einer lockeren Gewebestruktur kommen, sodass die Standfestigkeit der Pflanzen und die Haltbarkeit der Früchte beeinträchtigt und das Eindringen von Krankheitserregern erleichtert werden. Dem wird bei einer guten Kaliumernährung durch vermehrte Bildung und Einlagerung von Zellulose und Lignin vorgebeugt.

Kaliumwirkung bei verschiedenen Kulturen

| Kultur | Kaliumwirkung auf... |
|---------------------|---|
| Weizen, Gerste | Kornzahl, TKG, Sedimentationswert, Siebsortierung |
| Braugerste | Vollgerstenanteil, TKG, Kornzahl |
| Raps | Ölertrag, TKG, Winterhärte |
| Mais | Kolbenlänge, Kolbenausbildung, TKG |
| Kartoffeln | Blau- /Schwarzfleckigkeit, Lagereigenschaften, Stärke |
| Zuckerrüben | Zuckergehalt, Rübenertrag |
| Obst, Gemüse, Reben | Fruchtansatz, Vitamin C, Holzausreife, Geschmack |
| Futterbau, Grünland | Ertrag, Gräserrost, Winterhärte, Nitratgehalt |

5.2 Kalium im Boden

Der Kaliumgehalt im Boden ist abhängig von:

- dem natürlichen K-Gehalt der Tonmineralien; die Nachlieferung hieraus ist allerdings sehr gering.
- dem Tongehalt des Bodens, da Kalium fast ausschließlich an die Tonteilchen gebunden ist. Daher brauchen schwere Böden höhere K-Gehalte im Boden und höhere Düngung als z. B. Sandböden.
- den Düngegewohnheiten des Landwirts, sowie vom organischen Rückfluss aus Viehhaltung und Ernterückständen.
- den Nährstoffverlusten in Form von Kaliumfixierung (z.B. auf Aueböden) oder Verlagerung bzw. Auswaschung auf Sand- oder Moorböden.

Die Kaliumverfügbarkeit des Bodens für die Pflanzenernährung wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst:

- der Kationenaustauschkapazität und dem Grad der K-Sättigung
- der Bodenstruktur und der Bodenart
- der Wassernachlieferung, Wasserhaushalt des Bodens
- dem K-Gehalt in der Bodenlösung
- dem Anteil an kaliumfixierenden Tonmineralien
- der Konkurrenz mit anderen Kationen (Ammonium, Magnesium und Calcium)
- der Tiefgründigkeit und Durchwurzelbarkeit des Bodens

Die Kaliumversorgung der Pflanzen ist umso besser, je mehr Kalium der Boden enthält, da dann auch eine hohe Kaliumkonzentration in der Bodenlösung gewährleistet ist. Diese austauschbare Kaliummenge wird durch die Bodenuntersuchung festgestellt und auf Acker- und Grünland nach den Gehaltsklassen A bis E, im Obst- und Weinbau nach A, C und E bewertet.

5.3 Düngbedarf

Die Ermittlung des Kaliumbedarfes einer Kultur bzw. einer Fruchtfolge leitet sich aus dem Nährstoffbedarf und dem Korrekturfaktor Bodenuntersuchung ab.

Wie bei Phosphor ist auch bei Kalium bei intensiven Blattfrüchten der obere Bereich der Bodengehaltsklasse C anzustreben.

Eine bedarfsgerechte und nachhaltige Kaliumdüngung sichert Ertrag und Qualität. Die Unterlassung der Kaliumdüngung führt zum Abbau der Bodenvorräte und teilweise drastischen Ertragsverlusten.

Ertragsausfälle in %
bei Unterlassung der Kaliumdüngung

| Gehalts- klasse | Blattfrüchte Getreide | |
|--------------------|-----------------------|----------|
| | A | 38 |
| B | 18 | 11 |
| C | 13 | 8 |
| D | 6 | 7 |
| E | 3 | 2 |

Kerschberger und Franke, Thüringer Landesanstalt 1997,
Vortrag Sindelfingen 2002

Der Düngbedarf lässt sich am sichersten durch langjährige, regionale Feldversuche ermitteln. Rechnerische Düngebilanzen können nur Anhaltspunkte liefern, da sie viele Faktoren der Kaliumverfügbarkeit nicht genügend berücksichtigen (siehe „Kalium im Boden“).

Langjährige Feldversuche in Baden-Württemberg auf den unterschiedlichsten Standorten geben Auskunft über den Düngbedarf verschiedener Fruchtfolgen bei Abfuhr bzw. Verbleib der Ernterückstände.

Ermittlung optimaler Kaliversorgung und Kalidüngung aus langjährigen Feldversuchen in Süddeutschland

| Geologisches Ausgangsmaterial | Optimale K-Versorgung mg/100 g Boden (CAL-Methode) | Düngungsoptimum = optimaler Gewinn bei kg K ₂ O/ha u. Jahr (um K-Kosten bereinigt) | Organische Düngung |
|-------------------------------|--|--|--|
| Löß 21 Versuche | 10 - 30 | 150 190 | mit Ernterückständen ohne Ernterückstände |
| Auensedimente 7 Versuche | 15 - 25 | 200 | mit Ernterückständen |
| Keuper 6 Versuche | 20 - 40 | 140 | ohne Ernterückstände |
| Lias 5 Versuche | 10 - 25 | 170 200 | mit Ernterückständen ohne Ernterückstände |
| Muschelkalk 2 Versuche | 25 - 45 | 120 | ohne Ernterückstände |
| Grünland 5 Versuche | 15 - 25 | 100 - 240 360 | mit Gülle ohne Gülle |

5.4 Düngeverfahren

Die Nährstoffe Kalium, Magnesium und auch Phosphor werden häufig über die Fruchtfolge gedüngt. Kalium und Magnesium werden auf mittleren bis schweren Böden bzw. ab etwa 30 Bodenpunkten und 10% Tongehalt nicht ausgewaschen.

Für die Kalium- (Mg-) Düngung sind folgende Punkte zu beachten:

- Stoppel- und Herbstdüngung ab etwa 30 Bodenpunkten möglich; auf reinen Sand- und Moorböden nicht empfohlen.
- Fruchtfolgedüngung ist ebenfalls ab 30 Bodenpunkten bzw. ab etwa 10% Tongehalt möglich. Nicht möglich auf Sand- und Moorböden, sowie nicht empfohlen auf Grünlandflächen.
- Düngung bei Frost ist bei allen Acker- und Grünlandkulturen möglich.
- Bei Kaliummangel (z. B. durch Kaliumfixierung) sollte eine einmalige Kaliumgabe 400 kg K_2O /ha nicht überschreiten. Bei höherem Bedarf sollten die Gaben geteilt werden.
- Kopfdüngung in den Bestand ist problemlos möglich; bei Mais maximal bis zum 4-Blatt-Stadium, bei Getreide bis zum Ährenschieben.
- Unterfußdüngung (UFD) zu Mais darf nur mit chloridarmen Kaliumdüngern erfolgen. (Kaliumsulfat, KALISOP, Patentkali)
- Rapsdüngung mit Kalium (Mg, S) im Keimblattstadium ist ein bewährtes Mittel, Schneckenbefall zu mindern.
- In Wasserschutzgebieten dürfen Kaliumdünger ganzjährig ausgebracht werden.
- Kaliumsulfat, KALISOP, Patentkali und Magnesia-Kainit sind im Ökolandbau zugelassen.
- Kaliumdünger aus deutscher Produktion unterliegen regelmäßigen, freiwilligen Qualitätskontrollen des VDLUFA.

5.5 Kaliumformen

Kalium liegt für die Landwirtschaft in vier Düngeformen vor:

- Kaliumchlorid (KCl) für die meisten Ackerkulturen und Grünland
- Kaliumsulfat (K_2SO_4 , chloridarm) für viele Sonderkulturen, Forstpflanzen und den Garten- und Zierpflanzenbau
- Kaliumchlorid und Magnesiumsulfat (KCl, $MgSO_4$) als Kalimischform mit Kieserit für Ackerbau und Grünland (z.B. Korn-Kali, Magnesia-Kainit)
- Kalium-Magnesiumsulfat (K_2SO_4 , $MgSO_4$): Mischform für alle Forstpflanzen und Sonderkulturen, den Garten- und Zierpflanzenbau (z.B. Patentkali)

5.6 Wechselwirkung der Nährstoffe

Ohne ausgewogene Düngung mit N, P und K geht mittelfristig der Ertrag deutlich zurück. Langjährig untersucht sind auch die Wirkungen der P- und K-Düngung auf die N-Effizienz. Wer nur N ohne P+K düngt, vergeudet nahezu 40% der Stickstoffwirkung.

Wechselwirkungen der Nährstoffe und N-Ausnutzung

Quelle: nach Albert, Sächsische Landesanstalt, Versuch Bad Lauchstädt 8 Jahre

| Düngung | Boden- gehaltsklasse | | Ertrag dt/ha | | | | N-Effizienz % in der Fruchtfolge |
|---------|-------------------------|--------|--------------|-----|----|----|---|
| | P_2O_5 | K_2O | ZR | KA | SG | WW | |
| N+P+K | D | C | 535 | 346 | 61 | 83 | 98 |
| N | A | B | 292 | 179 | 46 | 59 | 62 |

6. Magnesium

6.1 Magnesium in Boden und Pflanzen

Der Magnesiumgehalt im Boden ist vorwiegend abhängig vom geologischen Ausgangsmaterial, dem Humusgehalt, dem Tongehalt sowie der Höhe des Niederschlages. Mit Magnesiummangel muss vor allem gerechnet werden auf:

- Löß
- Buntsandstein
- Leichte Keuperböden
- Urgesteinsverwitterung
- Altmoränen und Schotterböden
- Verwitterungsböden des weißen Jura
- leichte Muschelkalkböden
- Sandböden

In der Pflanze ist Magnesium zentraler Baustein des Blattgrüns und an über 300 Enzymfunktionen besonders im Eiweißstoffwechsel (Anhäufung von Amiden, schlechte N-Verwertung) und im Kohlehydratstoffwechsel (TKG, Siebsortierung) beteiligt.

6.2 Magnesiumbedarf

Magnesium steht in Konkurrenz mit Kalium, Calcium und Ammonium. Daher muss der Magnesiumdüngung besondere Aufmerksamkeit zukommen bei den nachfolgend genannten Gegebenheiten:

Wo und wann tritt Magnesiummangel auf?

- auf leichten und humusarmen Böden
- auf magnesiumarmen Ausgangsgesteinen
- nach Aufkalkung und sehr hohen pH-Werten
- bei niedrigen Mg-Gehalten im Boden unter ca. 10 mg
- bei ammoniumbetonter N-Düngung (z.b. Gülle)
- bei unterlassener Magnesiumdüngung
- bei zu weitem K:Mg – Verhältnis im Boden Empfehlung 2:1
- bei hohem Blattfruchtanteil und hohen Erträgen
- bei intensiver Grünland- und Klee grasnutzung

Der Magnesiumentzug der landwirtschaftlichen Kulturen liegt zwischen 20 und 80 kg MgO/ha und Jahr. Auf leichten, auswaschungsgefährdeten Böden sollte die Erhaltungsdüngung über dem Entzug liegen.

6.3 Magnesiumformen

Für die Düngung spielen drei Formen eine Rolle:

- Mg-Carbonat (MgCO_3 , Magnesit) in den Kalken ist nicht voll wasserlöslich. Je feiner die Aufmahlung und je niedriger der pH-Wert, um so rascher ist die Wirkung
- Mg-Sulfat (MgSO_4 , Kieserit) in den Kalidüngern und manchen Mehrnährstoffdüngern ist sofort pflanzenverfügbar und nachhaltig wirksam.
- Mg-Oxid (MgO , Magnesia) im Branntkalk setzt sich unter dem Einfluss von Wasser in Magnesiumhydroxid um und ist rasch pflanzenverfügbar.

Reines hochkonzentriertes Magnesiumoxid, welches nicht aus der Branntkalkumwandlung stammt, ist dagegen sehr langsam löslich und in der Düngung von geringer Bedeutung.

Neben der Bodendüngung spielt auch die Mg-Blattdüngung zur Vorbeugung und zur Überbrückung von Mangelsituationen eine erhebliche Rolle, z. B. über Bittersalz (EPSO Produkte) und verschiedene andere Mg-haltige Blattdünger. Die Blattdüngung kann die Bodendüngung nicht ersetzen, sondern nur ergänzen.

7. Schwefel

Schwefel als sechster Hauptnährstoff ist durch die Entschwefelung der Kraftwerke und schwefelärmeres Heizöl sowie Dieselmotorkraftstoff in den letzten Jahren ins Minimum geraten. Der S-Eintrag aus der Luft beträgt in Süddeutschland nur noch etwa 5 kg/ha und Jahr. Somit gehört die Schwefeldüngung zur Standardmaßnahme im Acker- und Feldgemüsebau und zunehmend auch auf Grünland.

7.1 Schwefel im Boden

Schwefel ist im Boden hauptsächlich in der organischen Substanz gebunden (bis zu 90 % des gesamten Gehaltes). Der Rest liegt in der mineralischen Bodensubstanz überwiegend in kristalliner Form vor.

Böden, die sich auf vulkanischem Gestein (Basalt, Schlacken) oder schwefelreichen Sedimenten (Gips) entwickelt haben, besitzen von Haus aus einen höheren Schwefel-Gehalt als solche, deren Ursprung Sandstein oder glaziale Sand- und Schotterablagerungen sind.

Schwefel, der in der mineralischen Bodensubstanz eingebunden ist, hat für die Pflanzenernährung fast keine Bedeutung, denn die Pflanzen nehmen den Schwefel über die Wurzel nur in gelöster Form als Sulfat (SO_4^{2-}) auf.

Schwefelwirkung aus verschiedenen Düngern

| | |
|---|---------------------------|
| Sulfathaltige Mineraldünger NH ₄ -, K-, Mg-, Ca-Sulfate | Schnell und sicher |
| Jauche | Ziemlich schnell |
| Elementarer (Netz-) Schwefel | Verzögert und unsicher |
| Klärschlamm | Verzögert und unsicher |
| Gülle, Stallmist, Kompost | Sehr langsam und unsicher |
| Zwischenfrüchte | Keine Wirkung |

Quelle: Versuche TU München, Spitalhof Kempten, Universität Halle, und andere

Bei der Schwefelaufnahme bevorzugen die Pflanzen die Sulfatform (SO₄) gegenüber der SO₂-Aufnahme aus der Luft oder dem Schwefel in Form des elementaren Schwefels. Nur die Sulfatform kann von den Pflanzen aufgenommen werden.

Nur 10 bis 20 kg/ha S des Boden-Schwefels werden jährlich mineralisiert und dies vorwiegend erst in der zweiten Jahreshälfte. Dieselbe Menge wird wieder in die organische Substanz des Bodens eingebaut. Daher ist die Schwefeldüngung in Sulfatform unerlässlich.

Das pflanzenverfügbare Sulfat verhält sich im Boden ähnlich wie Stickstoff in der Nitratform. Es wird nicht an Tonminerale gebunden und kann daher in Zeiten geringer Durchwurzelung oder bei fehlendem Pflanzenbewuchs in tiefere Bodenschichten verlagert werden.

Daher tritt Schwefelmangel besonders auf leichten, humusarmen und somit auswaschungsgefährdeten Böden auf. Gleichzeitig bedeutet dies, dass eine Vorratsdüngung mit Schwefel nicht möglich ist, sondern die Schwefelzufuhr zeitlich an die Aufnahme durch die Pflanzen angepasst werden muss. Bei Raps beispielsweise sind dies schon im Herbst etwa 20 kg Schwefel pro Hektar.

7.2 Schwefel in der Pflanze

Schwefel wird von den Pflanzen etwa in gleichen Mengen wie Magnesium aufgenommen. Er zählt daher zu den Hauptnährstoffen.

Wie die anderen Nährstoffe hat auch Schwefel in der Pflanze wichtige Funktionen zu erfüllen, die bei nicht ausreichender Versorgung nur unvollständig oder gar nicht ablaufen können:

- In der Pflanze sind die aufgenommenen Sulfat-Ionen zum Teil im Zellsaft, überwiegend aber in eingebauter Form vorhanden.
- Zusammen mit Stickstoff dient Schwefel als essentieller Baustein beim Aufbau der Aminosäuren und damit von Eiweiß.
- Schwefel ist am Aufbau von Kohlehydraten beteiligt, beeinflusst damit die Synthese von Stärke, Zucker und Geschmacksstoffen.
- Schwefel ist bei der Bildung von wichtigen Vitaminen unersetzlich (Biotin, Thiamin, Vitamin B).
- Bei Kreuzblütlern (Raps, Senf) und Liliengewächsen (Zwiebeln, Lauch, Knoblauch) wird Schwefel zur Bildung sekundärer Inhaltsstoffe, wie z.B. Senföl, Lauchöl benötigt.
- Schwefel ist am Aufbau wachstumsfördernder Enzyme beteiligt.

Mit diesen wichtigen Funktionen trägt Schwefel maßgeblich zur Sicherung der Erträge und der Qualität des Ernteguts bei.

Bei durchschnittlichen Erträgen unterschiedlicher Kulturen werden mit jeweils 10 kg N auch 1 bis 4 kg S vom Feld abgefahren.

Mit der Wurzel aufgenommenen Schwefel wird in der Pflanze vorwiegend in jüngere Pflanzenteile transportiert und dort fest eingebaut.

Im Vegetationsverlauf erfolgt kaum eine Umverlagerung in der Pflanze, wie dies bei anderen Nährstoffen in gewissen Grenzen möglich ist. Das heißt, dass dafür zu sorgen ist, dass den Kulturen während der gesamten Bedarfsperiode ausreichende Schwefelmengen zur Verfügung stehen.

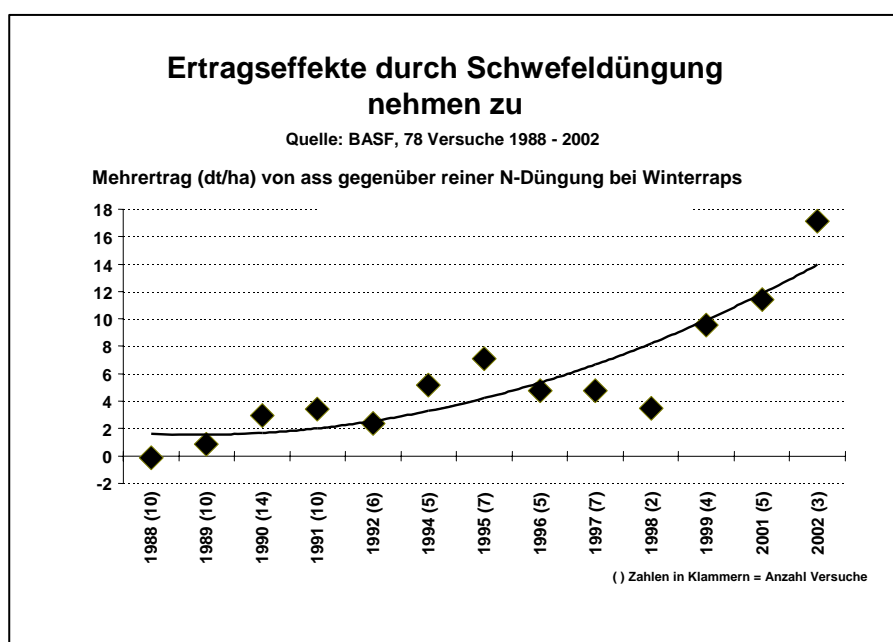
Die Schwefel-Aufnahme verläuft zeitlich ähnlich der Stickstoff-Aufnahme. Die Schwefeldüngung sollte daher frühzeitig zur jeweiligen Kultur erfolgen. Damit wird latenter Schwefelmangel bzw. eine Unterversorgung zu einer Zeit vermieden, in welcher die Mineralisierung im kalten Boden unzureichend ist. Gleichzeitig wird die Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs gesichert.

7.3 Schwefelformen

Für die Düngung sind folgende Schwefelformen relevant:

- Ammoniumsulfate (ASS, ENTEC 26; Piamon 33 S)
- Kaliumsulfate (KALISOP, Patentkali)
- Magnesiumsulfate (ESTA Kieserit, EPSO Produkte)
- Calciumsulfate (gipshaltige N-Düngemittel, YARA Sulfan)
- Elementarer Schwefel (geringe Wirkung, muss erst oxidiert werden)

Viele NPK- und PK-Dünger enthalten Schwefel in der Sulfatform.



7.4 Schätzrahmen für die Notwendigkeit einer S-Düngung für Ackerbaukulturen

| Merkmal | Bewertung mit Punktezahl | Zutreffende Punktezahl |
|---------|--------------------------|------------------------|
|---------|--------------------------|------------------------|

Standorteigenschaften:

| | | | |
|---|------------------------|---|--|
| Bodenarten | sandiger Boden | 1 | |
| | lehmiger Boden | 3 | |
| | toniger Boden | 5 | |
| Humusgehalt | arm (<2% Humus) | 2 | |
| | mittel (2-4% Humus) | 3 | |
| | reich (>4% Humus) | 4 | |
| Verfügbare Wurzelraum (Krume + durchwurzelter Raum) | flachgründig | 2 | |
| | tiefgründig | 4 | |
| Strukturschäden (Verschlammung, Bodenverdichtung, Pflugsohle) | vorhanden | 1 | |
| | stellenweise vorhanden | 3 | |
| | nicht vorhanden | 4 | |
| Nmin-Gehalt zu Vegetationsbeginn im Vergleich zum langjährigen Mittelwert | unterdurchschnittlich | 1 | |
| | durchschnittlich | 3 | |
| | überdurchschnittlich | 5 | |

Witterung:

| | | | |
|---|-----------------------|---|--|
| Niederschläge (Oktober-März) im Vergleich zum langjährigen Mittelwert | überdurchschnittlich | 1 | |
| | durchschnittlich | 3 | |
| | unterdurchschnittlich | 5 | |

Bewirtschaftung:

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|--|
| Schwefelzehrende Kulturen in der Fruchtfolge (Raps, Kohlarten, Leguminosen) | Anbau jedes 3. Jahr | 2 | |
| | Anbau jedes 4. Jahr | 3 | |
| | Anbau jedes 5. Jahr | 4 | |
| In diesem Jahr angebaute Kultur | Raps, Kohl, Leguminosen | 1 | |
| | andere Kulturen | 3 | |
| Schwefelmangel bereits aufgetreten (Ertragseinbußen, Blattanalysen, Mangelsymptome) | ja | 1 | |
| | nein oder unbekannt | 3 | |
| Ertragsniveau (dt/ha) | hoch Raps >40; Getreide >75 | 2 | |
| | mittel Raps 30-40; Getreide 50-75 | 3 | |
| | niedrig 50-75 | 4 | |
| | Raps <50; Getreide >50 | | |

Düngung:

| | | | |
|--|------------|---|--|
| Einsatz organischer Dünger aus Tierhaltung (keine Gründüngung) | 0 GV/ha | 1 | |
| | <1,5 GV/ha | 2 | |
| | >1,5 GV/ha | 3 | |
| In den letzten 3 Jahren Einsatz nennenswerter Schwefelmengen aus Mineraldüngern (z. B. ass, Nitrophoska 13+9+16(+4+7), 20+8+8(+3+4), Kaliumsulfat) | nein | 1 | |
| | ja | 3 | |

Gesamtpunktzahl:

Auswertung:

| | |
|---------------------|--|
| 16-29 Punkte | Wahrscheinlichkeit von Schwefelmangel hoch, Düngung mit ass notwendig |
| 30-37 Punkte | Bestände (besonders Raps) genau beobachten, Düngung mit ass empfehlenswert |
| 38-47 Punkte | Schwefelmangel zz. nicht zu erwarten |

8. Kalk

8.1. Bodenwirkungen von Kalk

Unerlässliche Voraussetzung für gesunden, fruchtbaren Boden und wirtschaftlichen Anbau von Kulturpflanzen ist der richtige Kalkzustand. Kalk trägt aufgrund seiner vielseitigen chemischen, physikalischen und biologischen Wirkungen entscheidend zur natürlichen Bodenfruchtbarkeit bei und schafft ideale Wachstumsbedingungen. Gute Gründe sprechen für eine ausreichende Kalkversorgung des Bodens, denn Kalk:

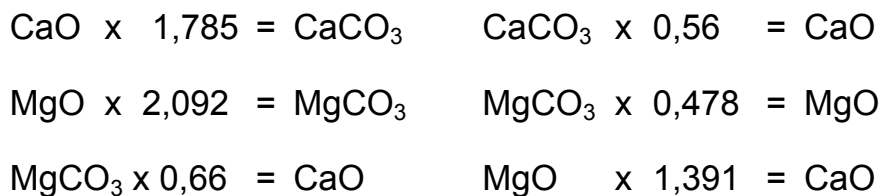
- erhält die optimale Bodenreaktion, schädliche Bodensäuren sowie giftige Aluminium- und Schwermetallionen werden wirksam gebunden.
- stabilisiert die Bodenstruktur; Calcium-Ionen lagern sich an Ton- und Humusteilchen an, verbinden diese über Brücken und bilden größere Aggregate. Die Stabilität der Poren und der Verformungswiderstand des Bodens nehmen zu (Gare).
- sichert durch verbesserte Bodenstruktur gute Wasserführung und Durchlüftung,
- vermindert Verkrusten und Verschlämmen durch stabile Krümelstruktur.
- dient dem Erosionsschutz.
- vertieft den Wurzelraum im Boden, denn bei Kalkmangel kommt es zur Ton-Schluff-Trennung und zu Verdichtungen im Unterboden.
- verstärkt die biologische Aktivität, denn nur in kalkreichen Böden finden nützliche Kleinlebewesen wie Bakterien und Regenwürmer gute Lebensbedingungen, um organische Substanz schnell genug umsetzen und wertvollen Dauerhumus aufbauen zu können.
- hilft Düngungskosten sparen. Die bestmögliche Nährstoffausnutzung der Pflanzen ist nur bei guter Kalkversorgung gesichert. Das pflanzenverfügbare Phosphat nimmt zu, die Stickstoff-Freisetzung aus organischer Düngung steigt, das Pflanzenwachstum wird verbessert und die Auswaschung von Nährstoffen minimiert.

Angesichts dieser wertvollen Vorteile einer Kalkung ist es sicherlich falsch, gerade bei diesem sehr preiswerten Düngemittel den Rotstift anzusetzen. Für die regelmäßige Erhaltungskalkung gilt die Faustregel:

alle 3 Jahre ca. 15 dt/ha CaO.

Für schwere Böden eignen sich am besten Branntkalk, Magnesium-Branntkalk oder Mischkalk, für leichte und mittlere Böden eher Kohlensaurer Kalk, Kohlen-saurer Magnesiumkalk sowie Konverterkalk. Für 15 dt CaO benötigt man ca. 30 dt Kohlensaurer Kalk, Konverterkalk, bzw. 17 dt Branntkalk 90.

Umrechnungsfaktoren:



Orientierungswerte für pH-Bereiche auf Acker und Grünland

| Bodenart | anzustrebender pH-Bereich der Klasse C | |
|--|--|---------------------------------------|
| | Ackerland unter 4 % Humusgehalt | Grünland unter 15 % Humusgehalt |
| Sand (< 5 % Ton) | 5,4 - 5,8 | 4,7 - 5,0 |
| lehmiger Sand (5 - 12 % Ton) | 5,8 - 6,7 | 5,2 - 5,7 |
| sandiger / schluffiger Lehm (12 - 17 % Ton) | 6,3 - 7,0 | 5,6 - 5,9 |
| toniger Lehm / Ton (> 17% Ton) | 6,4 - 7,2 | 5,7 - 6,1 |

8.2 Kalkdünger

Zusammensetzung der wichtigsten Kalkdünger

| Produkt | CaO % | Löslichkeitsform, weitere Nährstoffe, (CaO-Gehalt = theor. basisch wirks. Kalk) |
|---|----------|---|
| Kohlensaurer Kalk Kohlensaurer Mg-Kalk | 45-53 | CaCO ₃ , (15-40% MgCO ₃) |
| Branntkalk Magnesium-Branntkalk | 80-95 | CaO, 15-40% MgO |
| Mischkalk, Magnesiummischkalk | > 50 | CaO, mind. 15% MgO, CaCO ₃ , bzw. MgCO ₃ |
| Konverterkalk | 45-50 | Kieselsaurer Kalk, ca. 12% SiO ₂ , 0,5-2% Mn, weitere Spurennährstoffe |
| Kalk aus Produktionsrückständen | mind. 30 | CaO, MgO, CaCO ₃ , MgCO ₃ |

8.2.1 Naturkalke

Kohlensaurer Kalk, Kohlensaurer Magnesiumkalk

Diese bestehen aus natürlichem, auch magnesiumhaltigem Kalkgestein, das durch Brechen, Mahlen und Sieben zerkleinert wird. Sie werden in trockener und erdfeuchter Form angeboten und sind zur Anwendung im Biolandbau zugelassen. Die Nährstoffe liegen in der Carbonatform vor (CaCO₃/MgCO₃). Es sind langsam und nachhaltig wirkende Düngekalke, die bevorzugt zur Erhaltungskalkung zum Einsatz kommen.

Branntkalk, Magnesiumbranntkalk

Durch Brennen von natürlichem Kalkgestein oberhalb von 1000° C wird dem Kalkstein CO₂ entzogen. Der so entstandene Branntkalk wird in gemahlener und gekörnter Form angeboten und ist nur trocken erhältlich. Die Nährstoffkonzentration in gebrannten Kalken ist bedeutend höher als bei kohlensauren Kalken, die Nährstoffe liegen in der Oxidform vor (CaO/MgO).

Branntkalk eignet sich aufgrund seiner sehr schnellen Wirkung zur zügigen Aufkalkung und Sanierung versauerter Standorte oder zur Krumenkalkung im Frühjahr und sollte nach der Ausbringung flach eingearbeitet werden.

Branntkalk wirkt schnell und nachhaltig.

Mischkalk, Magnesium-Mischkalk

Entweder Mischungen aus Branntkalk und kohlen-sauren Kalken oder teilgebrannte Kalke oder recarbonisierte Branntkalke. Diese liegen bei Nährstoffgehalt und Wirkgeschwindigkeit zwischen kohlen-sauren Kalken und Branntkalken und werden nur in trockener Form angeboten. Der Nährstoffgehalt wird in CaO/MgO angegeben.

8.2.2 Industriekalke

Konverterkalk

Konverterkalk entsteht bei der Umwandlung von Roheisen zu Stahl im Stahlkonverter. Heute ist Konverterkalk nur noch in feuchter Form erhältlich. Der enthaltene Kalk liegt als Kalziumsilikat vor, die Nährstoffangabe erfolgt als CaO bzw. MgO. Neben dem Kalkgehalt zeichnet sich Konverterkalk durch nennenswerte Gehalte an Spurennährstoffen (Mangan, Kupfer, Zink, Bor, Molybdän, teilweise Selen) und reaktionsfähiger, pflanzenverfügbarer Kieselsäure aus. Je nach Herkunft ist zusätzlich ca. 1 % citratlösliches Phosphat enthalten. Konverterkalke eignen sich sowohl für die Aufkalkung als auch für die Erhaltungskalkung auf allen Böden. Konverterkalke sind für die Anwendung im Biolandbau zugelassen.

8.2.3 Kalk aus Produktionsrückständen

Hierbei handelt es sich um kalkhaltige Rückstände überwiegend aus industrieller Produktion, die teils in feuchter, teils in trockener Form angeboten werden. Aufgrund der Vielzahl der unterschiedlichen Produktionsprozesse, bei denen diese Kalke anfallen, können kaum allgemeingültige Aussagen zu dieser Produktgruppe getroffen werden.

Schwarzkalk (37% CaO)

Kalkdünger aus der Herstellung von Stickstoffdüngern

Schwarzkalk entsteht bei der Weiterverarbeitung von Kalkstickstoff. Er beinhaltet gefälltes Calciumcarbonat mit einer sehr hohen Mahlfineinheit und dadurch ausgesprochen guten und schnellen Kalkwirkung. Als Nebenbestandteil besitzt Schwarzkalk Stickstoff und Schwefel. Seine Einsatzschwerpunkte liegen im Bereich der Vorsaatkalkung zu Mais und Raps.

8.3 Qualitätskriterien

Nährstoffgehalt und Neutralisationswert (basische Wirksamkeit)

Die wertbestimmenden Faktoren von Düngerkalken sind in erster Linie die Gehalte an Kalzium und Magnesium. Kohlensäure Magnesiumkalke enthalten bis zu 40 % $MgCO_3$, Magnesiumbranntkalke bis zu 40 % MgO. Diese Magnesiumverbindungen wirken genau so, wie die Kalziumverbindungen, basisch. Unter anderem auch um Magnesiumkalke hinsichtlich ihrer basischen Wirkung korrekt beurteilen zu können, wurde der Neutralisationswert eingeführt. Dieser gibt die Summe der basisch wirksamen Inhaltsstoffe von Düngerkalken, umgerechnet in CaO an. So können unterschiedliche Düngerkalke einfacher miteinander verglichen werden. Neben den Gehalten an Kalzium und Magnesium muss der Neutralisationswert bei Düngerkalken angegeben werden.

Mahlfineinheit bei kohlensauren Kalken

Die Wirkgeschwindigkeit von kohlensauren Kalken hängt in erster Linie von ihrem Anteil an Feinbestandteilen ab. Je feiner ein kohlensaurer Kalk aufbereitet ist, desto sicherer wirkt er. Neben dem Nährstoffgehalt bzw. dem Neutralisationswert ist die Mahlfineinheit das wichtigste Qualitätskriterium bei kohlensauren Kalken.

8.4. Streutechnik

Die Ausbringung von Düngekalken erfolgt heutzutage überwiegend durch Lohnunternehmen, welche leistungsfähige Großflächenstreuer preiswert zum Einsatz bringen. Die Art und Weise der Ausbringung ist von der Kalkart abhängig. Zur Anwendung kommen:

1. Trockene Kalke

3. Feuchtkalke

Die Anlieferung von Trockenkalken erfolgt durch den Silo-LKW. Hier wird der Kalk entweder in ein Standsilo oder direkt in den Großflächenstreuer eingeblasen. Das Ausstreuen erfolgt über Schnecken und Schleppschläuche in 6 m, 8 m oder 12 m Arbeitsbreiten. Der Vorteil liegt hier bei einer guten Verteilgenauigkeit. Dies ist von Bedeutung bei Kleinparzellierung (Randbehandlung) oder beim Einsatz von höherwertigen Kalken, welche Magnesium, Phosphat und/oder Kali enthalten.

Den Transport von Feuchtkalken übernehmen Kipper-LKW, welche den Kalk direkt am Feldrand abkippen. Von dort werden sie mit Front- oder Radladern in Großflächenstreuer mit Scheibenstreuwerk aufgeladen. Feuchtkalke haben bei Anlieferung eine Feuchte von ca. 5 - 10 %. Der Vorteil gegenüber den trockenen Kalken liegt neben der Preiswürdigkeit in der staubärmeren Ausbringung.

Natrium und Selen

9.1. Natrium im Pflanzenbau

Natrium ist ein für die Pflanzen wichtiges Element und hat vor allem einen günstigen Einfluss auf den Wasserhaushalt, besonders bei ungenügender Kalium-Versorgung. Von den natriumliebenden Pflanzen, wie z. B. Rüben, Sellerie, Spinat aber auch Raps und Gerste wird Natrium gut aufgenommen und führt auch bei guter Kaliumversorgung zu positiver Ertragsbeeinflussung. So zeigen Zuckerrüben bei mangelnder Natriumversorgung rascher Welkeerscheinungen und geringere Erträge. Natriumchlorid (NaCl) kann darüber hinaus den Nitratgehalt im Grünlandaufwuchs und auch im Spinat und Blattsalat senken.

9.2 Natrium in der Tierernährung

Im Tier ist Natrium wichtig für die Regulierung des Zelldruckes, des Wasserhaushaltes und der Speichelsekretion. Ebenfalls werden Muskel- und Nervenfunktionen beeinflusst.

Mangelercheinungen äußern sie wie folgt:

- Lecksucht
- Appetitmangel
- Nervosität
- Muskelzittern
- struppiges Fell
- Leistungsminderung

Bei Natriummangel ist die Magnesiumresorption im Tier und die Bildung von Sexualhormonen (Fruchtbarkeit) behindert.

Wegen der durchweg niedrigen Na-Gehalte im Grünlandaufwuchs (< 0,1 % Na i. d. TS) sollte ein Teil des Natriumbedarfes der Tiere über natriumhaltige Düngemittel (Magnesia-Kainit) bei der Grünlanddüngung gedeckt werden.

Eine ausschließliche Beifütterung über Viehsalz und Lecksteine reicht vor allem bei Milchkühen nur selten aus, da der Tagesbedarf

hier bei rund 2,5 g NaCl je kg Milch liegt. Hohe Viehsalzgaben allein führen häufig zu Durchfall und erhöhtem Wasserverbrauch.

Die Natriumdüngung auf Grünland wird vorzugsweise im zeitigen Frühjahr, bzw. zu den einzelnen Aufwüchsen durchgeführt. Eine Verdoppelung der Na-Gehalte im Futter ist somit in vielen Fällen gewährleistet. Die Schmackhaftigkeit und Futteraufnahme wird dadurch wesentlich verbessert.

9.3. Selen

Das Spurenelement Selen ist kein essentieller Pflanzennährstoff. Es wird jedoch von den Pflanzen gut aufgenommen und in den Eiweißstoffwechsel integriert. Das dadurch organisch gebundene Selen wird so von den Tieren über das Grundfutter optimal aufgenommen und verwertet. Es dient als Selen – Grundversorgung für alle Tiere, die Leistungsversorgung kann dann ganz gezielt über das Selen im Mineralfutter erfolgen.

Auf Milchviehbetrieben wird Selen am effektivsten zusammen mit einem NP – Dünger zu jedem Aufwuchs ausgebracht. Mit 3 bis 4 g Se / ha lässt sich damit der Selengehalt im Grundfutter auf das erforderliche Niveau von 0,10 bis 0,20 mg Se / kg TS einstellen.

10. Spurennährstoffe

Spurennährstoffe sind Nährstoffe, die im Vergleich zu den Hauptnährstoffen von den Pflanzen nur in geringen Mengen benötigt werden, aber trotzdem von gleich großer Bedeutung sind.

Der Spurennährstoffgehalt der Böden ist stark abhängig vom geologischen Ausgangsmaterial. Spurennährstoffmangel bei Kulturpflanzen ist allerdings viel häufiger auf unzureichende Verfügbarkeit als auf absolut niedrige Bodengehalte zurückzuführen. Ausnahmen hierbei sind Moor- und Sandböden.

Die Verfügbarkeit im Boden hängt im Wesentlichen vom pH-Wert ab. Bei steigendem pH-Wert sinkt die Verfügbarkeit von Mn, Fe, Zn und B, während die Verfügbarkeit von Mo zunimmt.

Die gezielte Düngung mit Spurennährstoffen gewinnt zunehmende Bedeutung bei höheren Erträgen und damit auch höheren Entzügen. Zusätzlich muss beim Einsatz von "reinen" Mineraldüngern ohne Nebenbestandteile die Spurennährstoffdüngung berücksichtigt werden. Auch der Wandel beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (Wegfall kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel) kann eine zusätzliche Düngung notwendig machen.

Im Grünland hat die Spurennährstoffdüngung besondere Bedeutung für die Futterqualität (besonders Cu).

Zur Bekämpfung von Spurennährstoffmangel erfolgt entweder eine Düngung mit entsprechenden Bodendüngern oder mit der Blattdüngung.

Wirkung und Bedarf von Spurenelementen

| Ernteentzug/ha | Mangel häufig bei | | Mangel verstärkt durch |
|----------------------------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|
| | Pflanzenart | Böden | |
| Eisen (Fe) bis 1,5 kg | Obstarten Wein | pH > 7 | Bodenverdichtung |
| Mangan (Mn) bis 1 kg | Hafer Rüben Kartoffeln Obstarten | pH > 7 | Trockenheit gute Durchlüftung |
| Zink (Zn) 100 - 300 g | Obstarten Mais Wein | pH > 7 oder < 5 | Kälte und Nässe |
| Kupfer (Cu) 50 - 100 g | Hafer Weizen Zierpflanzen Waldbäume | pH 5 und viel organische Substanz | Trockenheit |
| Bor (B) 100 - 400 g | Raps Rüben Luzerne Tomaten Mais Wein | pH > 7 | Trockenheit Leichte Böden |
| Molybdän (Mo) wenige g | Leguminosen Blumenkohl Kruziferen | pH < 6 | physiologisch saure N-Dünger |

Getreide

Besonders Hafer reagiert empfindlich auf Spurennährstoffmangel. So führt Manganmangel zur Dörrfleckenkrankheit. Sichtbar wird dieser Mangel dadurch, dass die Blätter scharf abbrechen und dann am Blattgrund vertrocknen.

Kupfermangel bei Hafer kann zur "Heidemoorkrankheit" bzw. "Urbarmachungskrankheit" führen. Symptome sind Aufhellen der Blätter von den Rändern und Spitzen her, Blattspitzen hängen oft korkenzieherartig herab. Der Bestand erhält einen weißen Schimmer (Spitzendürre/Weißährigkeit). Die Bestandesentwicklung ist ungleichmäßig, es kommt zu Nachschossern.

Zuckerrüben

Bormangel verursacht die Herz- und Trockenfäule: Die Herzblätter werden braun und schwarz. Später beginnt der Rübenkopf zu faulen, so dass der Rübenkörper allmählich von innen her hohl wird.

Obstbau

Spurennährstoffmangel ist im Obstbau von erheblicher Bedeutung. So sind Fe- und Mn-Mangelercheinungen besonders auf kalkreichen und schweren Böden weit verbreitet. Besonders anfällig sind Apfelsorten wie "Cox Orange" und "Golden Delicious" sowie Birnen auf Quitte, Pflaumen und Pfirsiche.

Zu hohe pH-Werte und Phosphatgehalte, niedrige Temperaturen und Trockenheit verursachen Zn-Mangel, vor allem bei Apfel, Birne und Kirsche.

Apfel, Birne, Pflaume, Pfirsich und Kirsche sind durch B-Mangel gefährdet.

Gemüsebau

Über den Bedarf der einzelnen Gemüsearten liegen nur wenige exakte Untersuchungen vor. Deshalb erhält die Spurennährstoffversorgung den Charakter einer Risikovorsorge.

Zu beachten ist der hohe Mo-Bedarf von Blumenkohl. Zur Bekämpfung des Mo-Mangels genügt in der Regel eine Aufkalkung auf den richtigen pH-Wert.

Weinbau

Besonders unter staunassen Bedingungen oder auf sehr kalkreichen Böden kann Eisenmangel-Chlorose auftreten. Abhilfe mit Fe-Chelaten.

11. Tabellenanhang

Tab. 1 Einstufung der pH-Klassen auf Ackerland
(LTZ Augustenberg)

| Bodenartengruppe/vorwiegende Bodenart | | Humusgehalt des Bodens (%) | | | | |
|--|--------------------------|---|-------------------|-------------------|------------------|-----------|
| | | ≤ 4 | 4,1 bis 8,0 | 8,1 bis 15,0 | 15,1 bis 30 | > 30 |
| | | pH-Werte der Klasse C und Erhaltungskalkung | | | | |
| 1/Sand | pH-Klasse C dt CaO/ha | 5,4 bis 5,8 6 | 5,0 bis 5,4 5 | 4,7 bis 5,1 4 | 4,3 bis 4,7 3 | |
| 2/schwach lehmiger Sand | pH-Klasse C dt CaO/ha | 5,8 bis 6,3 10 | 5,4 bis 5,9 9 | 5,0 bis 5,5 8 | 4,6 bis 5,1 4 | |
| 3/stark lehmiger Sand | pH-Klasse C dt CaO/ha | 6,1 bis 6,7 14 | 5,6 bis 6,2 12 | 5,2 bis 5,8 10 | 4,8 bis 5,4 5 | |
| 4/sandiger/ schluffiger Lehm | pH-Klasse C dt CaO/ha | 6,3 bis 7,0 ¹⁾ 17 | 5,8 bis 6,5 15 | 5,4 bis 6,1 13 | 5,0 bis 5,7 6 | |
| 5/toniger Lehm bis Ton | pH-Klasse C dt CaO/ha | 6,4 bis 7,2 ¹⁾ 20 | 5,9 bis 6,7 18 | 5,5 bis 6,3 16 | 5,1 bis 5,9 7 | |
| 6/Hochmoor und saures Niedermoor ²⁾ | pH-Klasse C dt CaO/ha | | | | | 4,3 3) |

¹⁾ auf karbonathaltigen Böden (freier Kalk): keine Erhaltungskalkung

²⁾ Auf einem Großteil der Niedermoores sind die pH-Werte geogen bedingt > 6,5

³⁾ keine Erhaltungskalkung

Tab. 2 Einstufung der pH-Klassen auf Grünland und Kalkungsbedarf bei Grünlandböden bis 15% Humus (LTZ Augustenberg)

| pH-Klasse | BG 1 | | BG2 | | BG3 | | BG4 | | BG5 | |
|---|-----------|-----------|-----------------------|-----------|---------------------|-----------|-------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|
| | Sand | | schwach lehmiger Sand | | stark lehmiger Sand | | sandiger bis schluffiger Lehm | | schwach toniger Lehm bis Ton | |
| | pH | dt CaO/ha | pH | dt CaO/ha | pH | dt CaO/ha | pH | dt CaO/ha | pH | dt CaO/ha |
| A | ≤ 3,5 | 30 | ≤ 3,8 | 40 | ≤ 4,0 | 50 | ≤ 4,2 | 57 | ≤ 4,2 | 68 |
| | 3,6 | 28 | 3,9 | 37 | 4,1 | 47 | 4,3 | 54 | 4,3 | 63 |
| | 3,7 | 25 | 4,0 | 35 | 4,2 | 43 | 4,4 | 50 | 4,4 | 59 |
| | 3,8 | 23 | 4,1 | 32 | 4,3 | 40 | 4,5 | 45 | 4,5 | 55 |
| | 3,9 | 21 | 4,2 | 29 | 4,4 | 37 | 4,6 | 42 | 4,6 | 51 |
| | 4,0 | 19 | 4,3 | 27 | 4,5 | 33 | 4,7 | 38 | 4,7 | 47 |
| | | | | | | | | | | |
| B | 4,1 | 16 | 4,4 | 24 | 4,6 | 30 | 4,8 | 35 | 4,8 | 43 |
| | 4,2 | 14 | 4,5 | 22 | 4,7 | 27 | 4,9 | 31 | 4,9 | 38 |
| | 4,3 | 12 | 4,6 | 18 | 4,8 | 24 | 5,0 | 27 | 5,0 | 34 |
| | 4,4 | 9 | 4,7 | 16 | 4,9 | 20 | 5,1 | 23 | 5,1 | 30 |
| | 4,5 | 7 | 4,8 | 14 | 5,0 | 17 | 5,2 | 19 | 5,2 | 25 |
| | 4,6 | 5 | 4,9 | 11 | 5,1 | 14 | 5,3 | 16 | 5,3 | 22 |
| | | | 5,0 | 9 | 5,2 | 10 | 5,4 | 12 | 5,4 | 17 |
| | | | 5,1 | 6 | 5,3 | 7 | 5,5 | 8 | 5,5 | 13 |
| | | | | | | | | | 5,6 | 9 |
| | | | | | | | | | | |
| C | 4,7 - 5,0 | 4 | 5,2 - 5,5 | 5 | 5,4 - 5,7 | 6 | 5,6 - 5,9 | 7 | 5,7 - 6,1 | 8 |
| D | 5,1 - 5,6 | 0 | 5,6 - 6,1 | 0 | 5,8 - 6,5 | 0 | 6,0 - 6,8 | 0 | 6,2 - 7,0 | 0 |
| E | > 5,6 | 0 | > 6,1 | 0 | > 6,5 | 0 | > 6,8 | 0 | > 7,0 | 0 |
| Bei Gesundkalkung maximale Einzelgabe*) | | | | | | | | | | |
| | 15 | | 15 | | 20 | | 25 | | 30 | |

Tab. 3 Einstufung der Gehaltsklassen für **Phosphat** auf Acker- und Grünlandböden nach der CAL-Methode in mg/100 g Boden (LTZ Augustenberg)

| Gehaltsklasse | A | B | C | D | E |
|---------------|------|--------|---------|---------|------|
| Mineralboden | < 5 | 6 - 9 | 10 - 20 | 21 - 34 | > 34 |
| Moorboden | < 11 | 11- 20 | 21 - 30 | 31 - 40 | > 40 |

Tab. 4 Einstufung der Gehaltsklassen für **Kalium** auf Acker- und Grünlandböden nach der CAL-Methode in mg/100 g Boden (LTZ Augustenberg)

| Gehaltsklasse | Bodenart | | | |
|---------------|--------------|----------------------|--------------|--------------|
| | leicht | mittel bzw. Grünland | schwer | Moorboden |
| A | <5 | <7 | <11 | <11 |
| B | 5-9 | 7-14 | 11-20 | 11-20 |
| C | 10-15 | 15-25 | 21-30 | 21-30 |
| D | 16-25 | 26-35 | 31-40 | 31-40 |
| E | >25 | >35 | >40 | >40 |

Tab. 5 Einstufung der Gehaltsklassen für **Magnesium** auf Acker- und Grünlandböden in mg/100 g Boden (LTZ Augustenberg)

| Gehaltsklass e | Bodenart | | | | Grünland | |
|-------------------|------------|-------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|
| | leicht | mittel | schwer | Moor | Mineral- boden | Moor |
| A | <3 | <4 | <6 | <6 | <6 | <11 |
| B | 3-4 | 4-7 | 6-10 | 6-9 | 6-9 | 11-20 |
| C | 5-9 | 8-13 | 11-15 | 10-15 | 10-15 | 21-30 |
| D | 10-12 | 14-18 | 16-25 | 16-25 | 16-25 | 31-40 |
| E | >12 | >18 | >25 | >25 | >25 | >40 |

Tab. 6 Durchschnittlicher Entzug landwirtschaftlicher Kulturpflanzen

| Fruchtart | Ertrag | Entzug kg/ha | | | | | |
|------------------------|-----------------------------|--------------|-------------------------------|------------------|-----|-----|----|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO | S |
| Roggen 12% RP | 70 dt Körner mit Stroh | 147 | 75 | 168 | 50 | 30 | 20 |
| Weizen 12% RP | 85 dt Körner mit Stroh | 188 | 88 | 146 | 60 | 30 | 30 |
| Wintergerste 12% RP | 75 dt Körner mit Stroh | 150 | 76 | 134 | 60 | 30 | 25 |
| Sommergerste 11% RP | 65 dt Körner mit Stroh | 121 | 66 | 116 | 50 | 20 | 20 |
| Hafer 12% RP | 65 dt Körner mit Stroh | 143 | 73 | 161 | 50 | 30 | 20 |
| Triticale 12% RP | 75 dt Körner mit Stroh | 158 | 80 | 160 | 50 | 30 | 25 |
| Körnermais 10% RP | 95 dt Körner mit Stroh | 217 | 95 | 235 | 80 | 40 | 25 |
| Winterraps | 45 dt Körner mit Stroh | 204 | 112 | 236 | 60 | 40 | 60 |
| Kartoffeln | 400 dt Knollen mit Kraut | 156 | 64 | 269 | 50 | 55 | 20 |
| Zuckerrüben | 500 dt Rüben mit Blatt | 230 | 88 | 335 | 150 | 70 | 35 |
| Gehaltsrüben | 800 dt Rüben mit Blatt | 240 | 98 | 560 | 180 | 80 | 35 |
| Silomais | 175 dt Trockenmasse | 224 | 95 | 265 | 80 | 40 | 20 |
| Grünland 3 Schnitte | 75 dt Trockenmasse | 165 | 71 | 218 | 90 | 35 | 25 |
| Grünland 4 Schnitte | 90 dt Trockenmasse | 243 | 90 | 270 | 120 | 40 | 30 |
| Grünland 5 Schnitte | 110 dt Trockenmasse | 277 | 110 | 330 | 150 | 40 | 30 |
| Kleegras 50:50 | 175 dt Trockenmasse | 260 | 70 | 310 | 150 | 40 | 35 |
| Ackerbohnen | 50 dt Körner mit Stroh | 30 | 75 | 200 | 50 | 25 | 30 |
| Erbsen | 40 dt Körner mit Stroh | 30 | 56 | 160 | 40 | 20 | 30 |

Quelle: DVO, LAD BW 2010

Tab. 6.1 Entzugsfaktoren ausgewählter Kulturpflanzen

| Kulturen | | Ertrag t/ha | Entzugsfaktor | | |
|-------------------------------------|--|----------------|---------------|-------------------------------|------------------|
| Getreide | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Weizen 12%RP, Korn | | 8,50 | 18,10 | 8,00 | 6,00 |
| Weizen, 12% RP, Korn+Stroh | | 8,50 | 22,10 | 10,40 | 17,20 |
| Weizen 14%RP, Korn | | 8,50 | 21,10 | 8,00 | 6,00 |
| Weizen, 14% RP, Korn+Stroh | | 8,50 | 25,10 | 10,40 | 17,20 |
| Weizen, 16% RP, Korn | | 8,50 | 24,10 | 8,00 | 6,00 |
| Weizen, 16% RP, Korn+Stroh | | 8,50 | 28,10 | 10,40 | 17,20 |
| Wintergerste, 12% RP, Korn | | 7,50 | 16,50 | 8,00 | 6,00 |
| Wintergerste, 12% RP, Korn+Stroh | | 7,50 | 20,00 | 10,10 | 17,90 |
| Wintergerste, 13% RP, Korn | | 7,50 | 17,90 | 8,00 | 6,00 |
| Wintergerste, 13% RP, Korn+Stroh | | 7,50 | 21,40 | 10,10 | 17,90 |
| S.Futtergerste, 12% RP, Korn | | 6,50 | 16,50 | 8,00 | 6,00 |
| S.Futtergerste, 12% RP, Korn+Stroh | | 6,50 | 20,50 | 10,40 | 19,60 |
| S.Futtergerste, 13% RP, Korn | | 6,50 | 17,90 | 8,00 | 6,00 |
| S.Futtergerste, 13% RP, Korn+Stroh | | 6,50 | 21,90 | 10,40 | 19,60 |
| Braugerste, 10% RP, Korn | | 6,50 | 13,80 | 8,00 | 6,00 |
| Braugerste, 10% RP, Korn+Stroh | | 6,50 | 17,30 | 10,10 | 17,90 |
| Braugerste, 11% RP, Korn | | 6,50 | 15,10 | 8,00 | 6,00 |
| Braugerste, 11% RP, Korn+Stroh | | 6,50 | 18,60 | 10,10 | 17,90 |
| Roggen, 11% RP, Korn | | 7,00 | 15,10 | 8,00 | 6,00 |
| Roggen, 11% RP, Korn+Stroh | | 7,00 | 19,60 | 10,70 | 24,00 |
| Roggen, 12% RP, Korn | | 7,00 | 16,50 | 8,00 | 6,00 |
| Roggen, 12% RP, Korn+Stroh | | 7,00 | 21,00 | 10,70 | 24,00 |
| Hafer, 11% RP, Korn | | 6,50 | 15,10 | 8,00 | 6,00 |
| Hafer, 11% RP, Korn+Stroh | | 6,50 | 20,60 | 11,30 | 24,70 |
| Hafer, 12% RP, Korn | | 6,50 | 16,50 | 8,00 | 6,00 |
| Hafer, 12% RP, Korn+Stroh | | 6,50 | 22,00 | 11,30 | 24,70 |
| Wintertriticale, 12% RP, Korn | | 7,50 | 16,50 | 8,00 | 6,00 |
| Wintertriticale, 12% RP, Korn+Stroh | | 7,50 | 21,00 | 10,70 | 21,30 |
| Wintertriticale, 13% RP, Korn | | 7,50 | 17,90 | 8,00 | 6,00 |
| Wintertriticale, 13% RP, Korn+Stroh | | 7,50 | 22,40 | 10,70 | 21,30 |
| Dinkel (m.Spelz), Korn | | 6,50 | 16,00 | 8,00 | 8,00 |
| Dinkel (m.Spelz), Korn+Stroh | | 6,50 | 21,00 | 11,00 | 25,00 |
| Durum, 15% RP, Korn | | 6,50 | 22,60 | 8,00 | 6,00 |
| Durum, Korn+Stroh | | 6,50 | 26,60 | 10,40 | 19,60 |
| Blattfrüchte | | | | | |
| Winterraps, Korn (23 % RP) | | 4,50 | 33,50 | 18,00 | 10,00 |
| Winterraps, Korn + Stroh | | 4,50 | 45,40 | 24,80 | 52,50 |
| Ackerbohnen, 30 % RP, Korn | | 5,00 | 41,00 | 12,00 | 14,00 |
| Ackerbohnen, 30 % RP, Korn + Stroh | | 5,00 | 56,00 | 15,00 | 40,00 |
| Erbsen | | 5,00 | 36,00 | 11,00 | 14,00 |
| Erbsen, Korn + Stroh | | 5,00 | 51,00 | 14,00 | 40,00 |
| Körnermais 10% RP, Korn | | 9,50 | 13,80 | 8,00 | 5,00 |
| Körnermais 10% RP, Korn + Stroh | | 9,50 | 22,80 | 10,00 | 25,00 |
| Körnermais 11% RP, Korn | | 9,50 | 15,10 | 8,00 | 5,00 |
| Körnermais 11% RP, Korn + Stroh | | 9,50 | 24,10 | 10,00 | 25,00 |

| Kulturen | | Ertrag t/ha | Entzugsfaktor | | |
|---|--|----------------|---------------|-------|-------|
| | | | N | P2O5 | K2O |
| Blattfrüchte | | | | | |
| Silomais | | 60,00 | 4,48 | 1,89 | 5,30 |
| Corn-Cob-Mix | | 12,00 | 10,00 | 5,00 | 4,00 |
| Kartoffeln (Knollen) | | 50,00 | 3,50 | 1,40 | 6,00 |
| Kartoffelblatt (-kraut) | | 0,00 | 2,00 | 1,00 | 3,60 |
| Kartoffeln (Knollen + Kraut) | | 60,00 | 3,90 | 1,60 | 6,72 |
| Zuckerrüben (Rübe) | | 60,00 | 1,80 | 1,00 | 2,50 |
| Zuckerrübe (Rübe + Blatt) | | 102,00 | 4,60 | 1,77 | 6,70 |
| Energiepflanzen | | | | | |
| Energimais | | 75,00 | 4,48 | 1,89 | 5,30 |
| Sudangras (Teigreife der Körner, 2 Schnitte) | | 85,00 | 2,70 | 2,30 | 3,80 |
| Zuckerhirse (Milch- bis Teigreife der Körner) | | 77,00 | 3,50 | 1,70 | 5,20 |
| Grünroggen | | 43,00 | 3,90 | 2,10 | 4,80 |
| Ganzpflanze Weizen (Milch- bis Teigreife) | | 43,00 | 4,90 | 2,00 | 4,10 |
| Ganzpflanze Triticale (Milch- bis Teigreife) | | 43,00 | 3,90 | 2,10 | 4,80 |
| Ganzpflanze Hafer (Milchreife) | | 40,00 | 5,30 | 2,20 | 9,40 |
| Ganzpflanze Getreide | | 35,00 | 4,39 | 2,00 | 5,88 |
| Futterpflanzen | | | | | |
| Weidelgras | | 65,00 | 4,80 | 1,60 | 6,50 |
| Rotklee | | 65,00 | 5,50 | 1,30 | 6,00 |
| Kleegras (30:70) | | 65,00 | 5,00 | 1,40 | 6,20 |
| Kleegras (50:50) | | 65,00 | 5,20 | 1,40 | 6,20 |
| Kleegras (70:30) | | 65,00 | 5,40 | 1,40 | 6,20 |
| Luzerne | | 65,00 | 6,00 | 1,40 | 6,50 |
| Luzernegras (30:70) | | 65,00 | 5,20 | 1,50 | 6,50 |
| Luzernegras (50:50) | | 65,00 | 5,40 | 1,50 | 6,50 |
| Luzernegras (70:30) | | 65,00 | 5,60 | 1,50 | 6,50 |
| Futterzwischenfrüchte mit Leguminosen | | 20,00 | 3,50 | 1,10 | 4,50 |
| Futterzwischenfrüchte ohne Leguminosen | | 20,00 | 3,50 | 1,10 | 4,50 |
| Wiese 2 Nutz. günstige Lage 60dtTM/ha | | 6,00 | 16,00 | 7,00 | 25,00 |
| Wiese 2 Nut. ungünstige Lage. 55dtTM/ha | | 5,50 | 18,00 | 7,00 | 25,00 |
| Wiese 2-3 Nutz. ung. 65dtTM/ha | | 6,50 | 19,00 | 8,00 | 27,00 |
| Wiese 3 Nutz. günst 75dtTM/ha | | 7,50 | 22,00 | 9,50 | 29,00 |
| Wiese 3 Nutz. ung. 70dtTM/ha | | 7,00 | 22,00 | 9,50 | 29,00 |
| Wiese 3-4 Nutz. ung. 80dtTM/ha | | 8,00 | 24,00 | 10,00 | 30,00 |
| Wiese 4 Nutz. günst 90dtTM/ha | | 9,00 | 27,00 | 10,00 | 30,00 |
| Wiese 5 Nutz. günst. 110dtTM/ha | | 11,00 | 28,00 | 11,00 | 30,00 |
| Wiese 6 Nutzungen, 120 dt TM/ha | | 12,00 | 29,00 | 12,00 | 30,00 |
| Feldgras, mehrjährig (mind. 4 Nutz.) | | 65,00 | 4,80 | 1,60 | 6,50 |
| Silomais | | 60,00 | 4,48 | 1,89 | 5,30 |
| Corn-Cob-Mix | | 12,00 | 10,00 | 5,00 | 4,00 |

Quelle: DVO, Nährstoffvergleich 2010

**Berechnung: Ertrag t/ha x Entzugsfaktor = Nährstoffentzug der Kultur
bzw. Abfuhr des Erntegutes**

Tab. 7 Nährstoffe in Ernterrückständen in kg/ha

| Ertrag des Erntegutes (dt/ha) | N * | | P ₂ O ₅ | K ₂ O ** | MgO ** | |
|----------------------------------|------|-------------------|-------------------------------|---------------------|--------|----|
| | ges. | anrechen bar * | | | | |
| Zuckerrübenblatt | 500 | 140 | 20-30 | 40 | 210 | 30 |
| Gehaltsrübenblatt | 800 | 96 | 20-30 | 26 | 160 | 30 |
| Kartoffelkraut | 400 | 16 | 0-10 | 8 | 29 | 10 |
| Körnermaisstroh | 95 | 86 | 0-25 | 19 | 190 | 15 |
| Rapsstroh | 45 | 54 | 10-25 | 31 | 191 | 15 |
| Getreidestroh | 85 | 34 | 0 | 20 | 95 | 10 |
| Bohnen- Erbsenstroh | 40 | 60 | 30-40 | 12 | 104 | 12 |

Quelle: DVO, Arbeitskreis Düngeberatung und Nährstoffhaushalt, LAD BW 2010

* Die angegebenen N-Lieferungen gelten in Verbindung mit einer Nitratbestimmung im Frühjahr.

** Auf leichten Böden sind bei Kalium und Magnesium nur 70% auf Sandböden noch weniger der Nährstoffe aus Ernteresten anzurechnen.

Tab. 8 Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdünger in kg je Einheit

| Wirtschaftsdünger | TS-Gehalt % | Einheit | N (nach Lager- und Ausbringverlusten) | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO | CaO |
|----------------------------------|-------------|----------------|---------------------------------------|-------------------------------|------------------|------|-------|
| Milchviehgülle Grünland | 7,5% | m ³ | 2,8 | 1,4 | 5,3 | 0,7 | 1,8 |
| Milchviehgülle Acker | 7,5% | m ³ | 2,5 | 1,3 | 4,3 | 0,7 | 1,8 |
| Jungviehgülle Grünland | 7,5% | m ³ | 2,5 | 1,2 | 4,7 | 0,8 | 2,2 |
| Jungviehgülle Acker | 7,5% | m ³ | 2,0 | 1,0 | 4,0 | 0,8 | 2,2 |
| Mastbullengülle | 7,5% | m ³ | 3,0 | 1,5 | 3,7 | 0,7 | 1,8 |
| Rindermist Grünland | 25,0% | t | 6,3 | 4,5 | 12,8 | 15,0 | 35,0 |
| Rindermist Acker | 25,0% | t | 5,6 | 4,0 | 11,0 | 15,0 | 35,0 |
| Rinderjauche | 1,5% | m ³ | 2,7 | 0,3 | 9,1 | 0,5 | - |
| Mastschweinegülle, Standard | 7,5% | m ³ | 4,8 | 3,7 | 3,7 | 1,0 | 2,8 |
| Mastschweinegülle, NP-reduziert | 7,5% | m ³ | 4,2 | 3,0 | 3,6 | 1,0 | 2,8 |
| Zuchtsauengülle, Standard | 7,5% | m ³ | 6,8 | 5,7 | 5,4 | 1,0 | 2,8 |
| Zuchtsauengülle, NP-reduziert | 7,5% | m ³ | 5,7 | 4,2 | 4,4 | 1,0 | 2,8 |
| Schweinemist, Stand. | 25,0% | t | 8,3 | 8,2 | 6,9 | 25,0 | 45,0 |
| Schweinemist, NP-reduziert | 25,0% | t | 7,3 | 6,8 | 6,7 | 25,0 | 45,0 |
| Schweinejauche, Standard | 1,5% | m ³ | 2,2 | 0,5 | 4,8 | 0,2 | - |
| Schafmist | 25,0% | t | 5,0 | 3,2 | 13,3 | 10,0 | 40,0 |
| Ziegenmist | 25,0% | t | 4,7 | 3,6 | 12,8 | 10,0 | 40,0 |
| Pferdemist | 25,0% | t | 4,5 | 3,8 | 12,6 | 10,0 | 40,0 |
| Hühnertrockenkot | 50,0% | t | 14,3 | 17,4 | 13,2 | 50,0 | 420,0 |
| Hühnermist (Einstreu) | 50,0% | t | 14,6 | 15,0 | 15,5 | 40,0 | 400,0 |
| Putenmist (Hähne) | 55,0% | t | 21,2 | 27,3 | 26,3 | 40,0 | 200,0 |
| Putenmist, NP-reduziert (Hähne) | 55,0% | t | 19,8 | 15,2 | 26,3 | 40,0 | 200,0 |
| Putenmist (Hennen) | 55,0% | t | 8,9 | 17,2 | 16,3 | 30,0 | 150,0 |
| Putenmist, NP-reduziert (Hennen) | 55,0% | t | 8,4 | 10,3 | 16,3 | 30,0 | 150,0 |

Quelle: DVO, Nährstoffvergleich 2010, ergänzt von LAD 2010

Tab. 9 Düngbedarf im Freilandgemüsebau

| Gemüseart | Marktertrag dt/ha | Nährstoffbedarf in kg/ha bei guter Bodenversorgung | | | | |
|-----------------|----------------------|---|-------------------------------|------------------|-----|-----|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO | CaO |
| Blumenkohl | 350 | 125 | 42 | 140 | 32 | 150 |
| Brokkoli | 200 | 200 | 36 | 100 | 40 | 100 |
| Chinakohl | 700 | 175 | 70 | 245 | 50 | 350 |
| Grünkohl | 300 | 150 | 48 | 165 | 40 | 250 |
| Kohlrabi | 400 | 120 | 40 | 180 | 24 | 95 |
| Rosenkohl | 200 | 70 | 48 | 160 | 22 | 100 |
| Rotkohl | 500 | 200 | 40 | 175 | 50 | 200 |
| Weißkohl | 800 | 200 | 80 | 256 | 50 | 440 |
| Wirsing | 350 | 200 | 42 | 140 | 30 | 120 |
| | | | | | | |
| Fenchel | 300 | 170 | 21 | 147 | 30 | 65 |
| Sellerie | 500 | 150 | 100 | 300 | 35 | 150 |
| Möhre | 300 | 60 | 30 | 135 | 30 | 50 |
| Radieschen | 250 | 50 | 18 | 100 | 15 | 50 |
| Rettich | 500 | 95 | 35 | 200 | 50 | 40 |
| Rote Rübe | 450 | 135 | 50 | 221 | 35 | 90 |
| Blattpetersilie | 33 | 100 | 33 | 175 | 30 | 80 |
| | | | | | | |
| Chicoree | 450 | 115 | 45 | 225 | 50 | 100 |
| Endivie | 500 | 100 | 30 | 185 | 30 | 45 |
| Feldsalat | 150 | 50 | 18 | 68 | 11 | 20 |
| Kopfsalat | 400 | 80 | 40 | 160 | 20 | 35 |
| Spinat | 250 | 100 | 35 | 175 | 35 | 30 |
| | | | | | | |
| Gurke | 600 | 120 | 60 | 300 | 80 | 30 |
| Tomate | 600 | 110 | 42 | 210 | 54 | 350 |
| Zucchini | 1000 | 200 | 90 | 300 | 40 | 75 |
| | | | | | | |
| Buschbohne | 200 | 80 | 30 | 60 | 24 | 150 |
| Gemüseerbse | 50 | 25 | 13 | 20 | 10 | 120 |
| Zuckermais | 200 | 50 | 30 | 106 | 30 | 480 |
| Stangenbohne | 250 | 100 | 20 | 68 | 20 | 150 |
| | | | | | | |
| Porree | 400 | 120 | 40 | 160 | 25 | 100 |
| Zwiebel | 400 | 80 | 40 | 80 | 30 | 75 |
| | | | | | | |
| Spargel | 40 | 80 | 12 | 50 | 10 | 60 |

Quelle: DVO, Nährstoffvergleich 2010, ergänzt von LAD 2010

Die Kalium- und Magnesium-Düngung erfolgt im Freilandgemüsebau über sulfatische Düngemittel wie KALISOP 50% K₂O (Kaliumsulfat), Patentkali 30% K₂O, 10% MgO oder kaliumsulfathaltige Mehrnährstoffdünger

Tab. 10 Bestimmungsschlüssel für wichtige Mangelsymptome

A. Getreide (Gräser)

I. Symptome an **älteren** Blättern Mangel

- | | |
|---|----|
| 1. Blätter dunkelgrün und aufrecht (Starrtracht), oft rötliche Verfärbungen auch am Stängel (häufig kombiniert mit anderen Symptomen des „Säurekomplexes“. | P |
| 2. Grüne Blätter am Rand gelb bzw. häufig braun (Randchlorose bzw. Randnekrose), Blätter schlaff (Welketracht). | K |
| 3. Pflanze hellgrün, Blätter meist von der Spitze her gleichmäßig gelblich (Spitzenchlorose), älteste Blätter braun. | N |
| 4. Gelbliche Längsstreifen zwischen den Blattadern (Streifenchlorose), Reste des Blattgrüns perlschnurartig aufgereiht. | Mg |
| 5. Ältere und mittlere Blätter gelbgrün mit braunen oder weißlichen Flecken (kaum auf sauren Böden). | Mn |
| Hafer: grau-braune streifenförmige Flecke in unterer Blatthälfte, Spitze bleibt noch lange grün (Dörrfleckenkrankheit). | Mn |
| Gerste: dunkelbraune streifenförmige Flecke vorwiegend in oberer Blatthälfte. | Mn |
| Roggen und Weizen: weiße oder graue streifenförmige Flecke vorwiegend in oberer Blatthälfte. | Mn |

II. Symptome an **jüngeren** Blättern

- | | |
|---|----|
| 1. Gelbgrüne Blätter mit hellgelben Adern , meist ohne Nekrosen. | S |
| 2. Gelbe bis gelbweiße Blätter mit grünen Adern (meist auf kalkhaltigen Böden oder Hochmoor). | Fe |
| 3. Weißliche, fadenförmig verdrehte Blattspitzen (Weißspitzigkeit, Heidemoorkrankheit), vor allem bei Hafer und Gerste. | Cu |
| 4. Gelbliche Blätter und meist abgestorbene Endknospe | |
| a) oft kombiniert mit sonstigen „Säureschäden“, z. B. braune Flecken. | Ca |
| b) auf nicht stark sauren Böden (sehr selten) | B |

III. Sonstige Symptome

Da im Allgemeinen zuerst ein einzelner Nährstoff ins Minimum gerät, ist meist ziemlich sichere Diagnose auf Grund von Einzel-Mangelsymptomen möglich. Folgende Ausnahmen aber beachten:

Bei Schäden an älteren und jüngeren Blättern in fortgeschrittenen Stadien zum Vergleich Pflanzen im Anfangsstadium des Mangels aufsuchen.

Kombination von mehreren Symptomen bei Komplexschäden, z. B. beim „Säureschaden“-Komplex: braune und rötliche Flecken auf gelblichen Blättern (bedingt z. B. durch Mangel an P, Ca, Mo und Überschuss an Aluminium und Mangan).

Schäden als Folge einer (fehlerhaften) Düngung: z. B. Schwarzfleckigkeit der Gerste, bedingt durch Bor-Überschuss als Folge der Vorfruchtdüngung oder braune Blattspitzen als Folge einer Ätzung bei Blattdüngung oder -spritzung.

Schäden durch Einflüsse des Klimas (Kälte, Sturm, Hagel) oder durch Parasiten, die mit bloßem Augen nicht wahrnehmbar sind.

B. Betarüben, Kartoffeln, Kohlarten (einschl. Raps)

| I. Symptome an <i>älteren</i> Blättern | Mangel |
|---|----------|
| 1. Blätter dunkelgrün und aufrecht, oft rötlich. | P |
| 2. Grüne Blätter am Rand gelb bzw. häufig braun, schlaff. | K |
| 3. Pflanze hellgrün, Blätter von der Spitze her gelblich. | N |
| 4. Betarüben und Kohl: vom Rand her zwischen den Adern gelbgrün, gelb und schließlich braun. Kartoffeln: Blattmitte fleckig gelb-braun, Rand bleibt noch lange grün. | Mg Mg |
| 5. Betarüben und Kohl: kleine gelbe, später gelb-braune Flecken auf dem ganzen Blatt (Marmorierung), (kaum auf sauren Böden). | Mn |
| II. Symptome an <i>jüngeren</i> Blättern | |
| 1. Gelbliche Blätter mit hellen Adern. | S |
| 2. Gelbliche bis gelbweiße Blätter mit grünen Adern (meist auf kalkhaltigen Böden oder Hochmoor). | Fe |
| 3. Kartoffeln: Hellgrüne Blätter mit kleinen schwarzbraunen Punkten, besonders auf der Unterseite (kaum auf sauren Böden). | Mn |
| 4. Betarüben: Vergilben, Verdrehen und schließlich Absterben der jüngsten Blätter (Herz- und Trockenfäule) | B |
| 5. Kohlarten: bei Jungpflanzen löffelförmige Blätter; bei älteren Pflanzen fast nur Blattstiele mit verkrüppelten Spreiten, Verdrehen des Herzblattes (Klemmherz bei Blumenkohl). | Mo |
| III. Sonstige Symptome (siehe bei Getreide unter III.). | |

C. Leguminosen

| I. Symptome an <i>älteren</i> Blättern | Mangel |
|--|---------|
| 1. Blätter dunkelgrün und aufrecht, oft rötlich. | P |
| 2. Grüne Blätter am Rand gelb bzw. häufig hellbraun (oft punktförmig), Blätter schlaff (Welketracht). | K |
| 3. Pflanze hellgrün, Blätter von der Spitze her gelblich (Fehlen der Symbiosebakterien oder Mangel an Molybdän etc. verhindert Stickstoffbindung). | N |
| 4. Blätter zwischen den Adern meist von der Blattmitte her gelblich, Rand häufig noch länger grün. | Mg |
| II. Symptome an <i>jüngeren</i> Blättern | |
| 1. Gelbgrüne Blätter, oft mit braunen oder grauen Flecken und grünen Adern; Chlorose meist vom Rand her; Braunherzigkeit der Körner. | Mn |
| 2. Gelbgrüne Blätter mit hellgelben Adern. | S |
| 3. Gelbe bis gelbweiße Blätter mit grünen Adern. | Fe |
| 4. Weißlich vertrocknete Blätter. | Cu |
| 5. Gelbliche Blätter und meist abgestorbene Endknospe. a) mit braunen Flecken (meist auf sauren Böden), b) mit oft rötlicher Verfärbung. | Ca B |
| III. Sonstige Symptome (siehe bei Getreide unter III.). | |

Tab. 11 Einfluss verschiedener Düngemittel auf den Kalkzustand

(Quelle: Landesarbeitskreis Düngung; nach Sluijsmans)

| Produktgruppe N- und NP-Dünger | % N | Kalkverlust bzw. Kalkgewinn je 100 kg Düngemittel |
|--|------------|--|
| Ammoniumnitrat-Harnstofflösung AHL | 28 | -28 |
| ALZON [®] 46 | 46 | -46 |
| ALZON [®] flüssig | 28 | -28 |
| ALZON [®] flüssig S | 24 | -29 |
| Ammonsulfatsalpeter (ASS) | 26 | -49 |
| Ammonsulfatsalpeter-Bor (0,3% B) | 26 | -49 |
| Diammonphosphat DAP 18-46 | 18 | -34 |
| ENTEC [®] 26 | 26 | -52 |
| ENTEC [®] 25+15 | 25 | -27 |
| Kalksalpeter | 15,5 | +13 |
| Kalkammonsalpeter | 27 | -15 |
| Kalkstickstoff gemahlen | 20,5 | +39 |
| Kalkstickstoff PERLKA [®] | 19,8 | +31 |
| Nitrophos [®] 20+20 (+2S) | 20 | -18 |
| PIAGRAN [®] | 46 | -46 |
| PIAMON [®] 33 S | 33 | -54 |
| PIASAN [®] | 28 | -28 |
| PIASAN [®] 24 S | 24 | -29 |
| Schwefelsaures Ammoniak | 21 | -63 |
| YARA Sulfan | 24 | -22 |
| YARA Optimag | 22 | -13 |
| Produktgruppe NPK-Dünger | % N | |
| ENTEC [®] 24+8+7 | 24 | -27 |
| ENTEC [®] perfekt | 15 | -26 |
| ENTEC [®] spezial | 12 | -13 |
| Nitrophoska [®] 20+8+8(+3+4) | 20 | -18 |
| Nitrophoska [®] 15+15+15(+2S) | 15 | -14 |
| Nitrophoska [®] 13+10+20(+3S) | 13 | -13 |
| Nitrophoska [®] 13+9+16(+4+7) | 13 | -14 |
| Nitrophoska [®] 13+13+21(+2S) | 13 | -12 |
| Nitrophoska [®] 12+12+17 S/Cl(+2+8) | 12 | -13 |
| Nitrophoska [®] perfekt | 15 | -14 |
| Nitrophoska [®] spezial | 12 | -13 |
| NPK 20+7+10 (+2+4) | 20 | -23 |
| NPK 16/16/16 | 16 | -22 |
| NPK 20/6/11 (+2+3) | 20 | -24 |

| Produktgruppe P-Dünger | % P₂O₅ | Kalkverlust bzw. Kalkgewinn je 100 kg Düngemittel |
|------------------------------------|-------------------------------------|--|
| Triple-Superphosphat 46 | 46 | -3 |
| P 26 Weicherdiges Rohphosphat 26 | 26 | +31 |
| DOLOPHOS [®] 15 | 15 | +40 |
| DOLOPHOS [®] 26 | 26 | +31 |
| Produktgruppe K-/Mg-Dünger | % K₂O bzw. MgO | |
| 60er Kali gran. [®] | 60 | +0 |
| Korn-Kali [®] | 40 | +0 |
| Magnesia-Kainit [®] | 11 | +0 |
| Patentkali [®] | 30 | +0 |
| KALISOP (Kaliumsulfat) | 50 | +0 |
| HORTISUL [®] | 52 | +0 |
| ESTA [®] Kieserit 'fein' | 27 | +0 |
| ESTA [®] Kieserit 'gran' | 25 | +0 |
| EPSO Microtop [®] | 15 | +0 |
| EPSO Combitop [®] | 13 | +0 |
| EPSO Top [®] (Bittersalz) | 16 | +0 |

Hinweis:

Die Kalkwerttabelle ist nicht geeignet zum Vergleich einzelner Düngemittel, sondern dient dem Vergleich der Kalkzufuhr bzw. des Kalkverlustes unterschiedlicher Düngesysteme.

Tab 12 Düngemittel der im LAD vertretenen Firmen

N, N-P, N-Mg, N-S Dünger

| Produkt | % N | % P ₂ O ₅ | % MgO | % S |
|----------------------------------|------|---------------------------------|-------|-----|
| Ammonsulfatsalpeter (ASS) | 26 | | | 13 |
| Ammonsulfatsalpeter-Bor (0,3% B) | 26 | | | 12 |
| ENTEC® 26 | 26 | | | 13 |
| ENTEC® 25+15 | 25 | 15 | | 2 |
| Kalkammonsalpeter | 27 | | 0-4 | |
| Kalkstickstoff gemahlen | 20,5 | | | |
| Kalkstickstoff PERLKA® | 19,8 | | | |
| Nitrophos® 20+20 (+2S) | 20 | 20 | | 2 |
| Yara Sulfan | 24 | | | 6 |
| Yara Optimag | 24 | | 8 | 6 |
| | | | | |
| | | | | |

PK-Mischdünger

| Produkt | % P ₂ O ₅ | % K ₂ O | % MgO | % S | % CaO |
|-----------------|---------------------------------|--------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| Produkt | % P ₂ O ₅ | % K ₂ O | % MgCO ₃ | % S | % CaCO ₃ |
| DOLOMAG® DCP 4 | 4 | auf Anfrage | 25 | auf Anfrage | 55 |
| DOLOMAG® RP 4 | 4 | | 25 | | 60 |
| DOLOMAG® DCP 6 | 6 | | 25 | | 50 |
| DOLOMAG® RP 6 | 6 | | 25 | | 55 |
| DOLOMAG® DCP 10 | 10 | | 20 | | 45 |
| DOLOMAG® RP 10 | 10 | | 20 | | 55 |
| DOLOPHOS® 15 | 15 | | 15 | | 65 |
| DOLOPHOS® 26 | 26 | | 6 | | 59 |
| DOLOMIX® | 3 – 10 | 3 – 10 | 10 – 25 | 0/2 | 44 – 60 |
| ÖKOPHOS® -Plus | 5 | | 15 | 4 | 38 |

Umrechnung:

% MgCO₃ x 0,478 = % MgO,

% CaCO₃ x 0,56 = % CaO

NPK-Mehrnährstoffdünger

| Produkt | % N | % P ₂ O ₅ | K ₂ O | % MgO | % S |
|---|-----|---------------------------------|------------------|-------|-----|
| ENTEC [®] 24+8+7 | 24 | 8 | 7 | | 2 |
| ENTEC [®] perfekt | 15 | 5 | 20 | 2 | 9 |
| ENTEC [®] spezial | 12 | 12 | 17 | 2 | 6 |
| Nitrophoska [®] 20+8+8(+3+4) | 20 | 8 | 8 | 3 | 4 |
| Nitrophoska [®] 15+15+15(+2S) | 15 | 15 | 15 | | 2 |
| Nitrophoska [®] 13+10+20(+3S) | 13 | 10 | 20 | | 3 |
| Nitrophoska [®] 13+9+16(+4+7) | 13 | 9 | 16 | 4 | 7 |
| Nitrophoska [®] 13+13+21(+2S) | 13 | 13 | 21 | | 2 |
| Nitrophoska [®] 12+12+17 S/Cl(+2+8) | 12 | 12 | 17 | 2 | 8 |
| Nitrophoska [®] perfekt | 15 | 5 | 20 | 2 | 8 |
| Nitrophoska [®] spezial | 12 | 12 | 17 | 2 | 6 |
| NPK 16/16/16 | 16 | 16 | 16 | | |
| NPK 20/7/10 (+2+4) | 20 | 7 | 10 | 2 | 4 |
| NPK 20/6/11 (+2+3) | 20 | 6 | 11 | 2 | 3 |
| NPK 23/5/5 (+6) | 23 | 5 | 5 | | 6 |

Kali-, Magnesium-, Schwefel - Dünger

| Produkt | % K ₂ O | % MgO | % S | % Na | Sonstige |
|------------------------------------|--------------------|-------|-----|------|--------------|
| 60er Kali gran. [®] | 60 | | | | |
| Korn-Kali [®] | 40 | 6 | 4 | 3 | |
| Magnesia-Kainit [®] | 11 | 5 | 4 | 20 | |
| Patentkali [®] | 30 | 10 | 17 | | |
| KALISOP (Kaliumsulfat) | 50 | | 18 | | |
| HORTISUL [®] | 52 | | 18 | | |
| ESTA [®] Kieserit 'fein' | | 27 | 22 | | |
| ESTA [®] Kieserit 'gran' | | 25 | 20 | | |
| EPSO Microtop [®] | | 15 | 12 | | 1% B, 1% Mn |
| EPSO Combitop [®] | | 13 | 13 | | 1% Zn, 4% Mn |
| EPSO Top [®] (Bittersalz) | | 16 | 13 | | |
| DüKa [®] -DOLOSUL 80 WG | | | 80 | | Biolandbau |

Kalkdünger

| Produkt | NW | % CaO | % CaCO ₃ | % MgO | % MgCO ₃ | % S | % Na | % SiO ₂ |
|---|----|-------|---------------------|-------|---------------------|-----|------|--------------------|
| Konverterkalk feucht-körnig | | 41-48 | | 2 | | -- | 2-3 | 12 |
| Branntkalk 90 körnig | 90 | 90 | | | | | | |
| Branntkalk 90 gemahlen | 90 | 90 | | | | | | |
| Magnesium Branntkalk 85 körnig | 95 | 60 | | | 25 | | | |
| Magnesium Branntkalk 85 gemahlen | 95 | 60 | | | 25 | | | |
| FEMIKAL® Mischkalk 50 | 55 | 40 | 10 | | | | | |
| DOLOKAL 95 trocken | 53 | | 95 | | | | | |
| DOLOKAL 90 erdfeucht. | 50 | | 90 | | | | | |
| DOLOMAG® 90/5 | 54 | | 90 | | 5 | | | |
| DOLOMAG® 60/30 | 54 | | 60 | | 25-30 | | | |
| DOLOMAG® 80/10 | 52 | | 80 | | 5-10 | | | |
| DOLOMAG® 80/15 | 55 | | 80 | | 15 | | | |
| DOLOMAG® 80/2 S | 45 | | 80 | | | 2 | | |
| DOLOMAG® S | 44 | | 50 | | 20 | 2 | | |
| Kohlensaurer Kalk 85 feucht | 48 | | 85 | | | | | |
| Kohlensaurer Kalk 90 feucht | 50 | | 90 | | | | | |
| Kohlensaurer Kalk 95 trocken | 53 | | 95 | | | | | |
| Kohlens.Kalk 85 mit Magnesium, feucht | 48 | | 80 | | 5 | | | |
| Kohlens. Kalk 95 mit Magnesium, trocken | 54 | | 90 | | 5 | | | |
| Kohlens. Magnesium-kalk 90, feucht | 54 | | 60 | | 30 | | | |
| Kohlens. Magnesium-kalk 95, trocken | 55 | | 80 | | 15 | | | |
| DOLOKORN® | 54 | | 60 | | 30 | | | |
| Kohlensaurer Kalk mit Schwefel | 45 | | 80 | | | 2 | | |
| Kohlens. Magnesium-kalk mit Schwefel | 46 | | 65 | | 15 | 2 | | |
| Schwarzkalk | 37 | | 67 | | | | | |
| Hersbrucker Gesteinsmehl | 28 | | 37 | | 15 | | | 28 |

NW = Neutralisationswert

Umrechnung: % MgCO₃ x 0,478 = % MgO, % CaCO₃ x 0,56 = % CaO

Blattdünger

| Produkt | % N | %P ₂ O ₅ | % K ₂ O | %MgO | % S | Spurenelemente |
|---|-----|--------------------------------|--------------------|------|-----|---|
| Basafer | | | | | | 6% Fe |
| Basfoliar 36 extra | 27 | | | 3 | | B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn |
| Basfoliar Combi Stipp | 9 | | | | | 10,7% Ca,0,2% B,0,4% Mn, 0,01% Zn |
| EPSO Top [®] (Bittersalz) | | | | 16 | 13 | |
| EPSO Microtop [®] | | | | 15 | 12 | 1% B, 1% Mn |
| EPSO Combitop [®] | | | | 13 | 13 | 1% Zn, 4% Mn |
| DüKa-Bordünger | | | | | | 17,4 % B |
| DüKa [®] -Bor 150 flüssig | | | | | | 11 % B (150 g/Ltr.) |
| DüKa [®] -DOLOSUL 80 WG | | | | | 80 | |
| DüKa [®] -DOLOSUL 7/8 | | | | 7 | 8 | 30% CaO |
| Easygro 8-8-6 | 8 | 8 | | 6 | | |
| Fertigro C N | 8,7 | | | | | 17,5% CaO |
| Fertigro M N | 7 | | | 10 | | |
| Fetrilon 13% | | | | | | 13% Fe |
| Fetrilon Combi | | | | 9 | | 0,5% B, 1,5% Cu, 4% Fe, 4% Mn, 1,5% Zn |
| FOLIA S 20 flüssig | 5 | | 15 | | 20 | |
| FOLIA-Beste Ernte MnZn flüssig | | | | | | 4,5 % Mn, 3,3 % Zn |
| FOLIA-Beste Ernte CuMn flüssig | | | | | | 3,0 % Cu, 4,5 % Mn |
| FOLIA-Beste Ernte PZN flüssig | 3 | 15 | | | | 4,7 % Zn |
| FOLIA-Mangan-vit 250 flüssig | | | | | | 19 % Mn (250 g/Ltr.) |
| DüKa [®] -Mangannitrat | | | | | | 15,0 % Mn, 7,7 % N |
| Microfert-Mn | | | | | | 13,5 % Mn |
| FOLIA-NPK 15-30-15(+2) | 15 | 30 | 15 | | 2 | 0,1 % Zn |
| FOLIA-Zink-vit 300 flüssig | | | | | | 17 % Zn (300 g/Ltr.) |
| DüKa [®] -Spurennährstoff-Cocktail flüssig | | | | | | 1,2 % Zn, 0,53 % Cu, 1,87 % Fe; 1,25 % Mn, |
| DüKa [®] -Blattdünger-Kombi | 15 | 30 | 15 | | | 2 % Zn |
| DüKa [®] -Blattdünger-Kombi | 12 | 15 | 30 | | | |
| DüKa [®] -Blattdünger-Kombi | 6 | 12 | 6 | | | |
| | | | | | | |
| Nutribor | 6 | | | 5 | 12 | 8% B, 1% Mn, 0,1% Zn, 0,04% Mo |
| Nutrimix | 8 | | | | 10 | 3% Cu, 4% Mn, 3% Zn, 0,04% Mo |
| Solubor DF | | | | | | 17,5% B |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|--------------------|-----|----|---|------|----|--------------------------------------|
| YaraVita Getreide | 3,7 | | | 16 | | 3,1 % Zn, 8,0 % Mn, 4,9 % Zn |
| YaraVita Raps FL | 5,2 | | | 8,3 | | 6,8% CaO, 3,3% B, 4,6% Mn, 0,3% Mo |
| YaraVita Kartoffel | | 30 | 5 | 4,5 | | 0,7 % Mn, 0,3 % Zn |
| YaraVita Rüben | 5,6 | | | 16,7 | | 20 % Na ₂ O, 4 % B, 4% Mn |
| YaraVita Mais | | 30 | 5 | 4,5 | | 3 % Zn |
| YaraVita Thiotrac | 15 | | | | 23 | |
| YaraVita Bortrac | | | | | | 11 % B (150 g/l) |
| YaraVita Mantrac | | | | | | 27,4 % Mn (500 g/l) |
| YaraVita Zintrac | | | | | | 39,8 % Zn (700 g/l) |
| YaraVita Coptrac | | | | | | 32,8 % Cu (500 g/l) |
| | | | | | | |

Tab. 13 Hinweise auf Internetseiten (weblinks)

Landwirtschaftsverwaltung Baden-Württemberg

www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de

www.gruenland-online.de

Statistisches Landesamt

statistik-bw.de/Landwirtschaft/

Universität Hohenheim; Landesanstalt für Lw. Chemie

www.uni-hohenheim.de

Thüringer Landesanstalt für Ernährung und Landwirtschaft (Nährstoffmangelbilder)

www.tll.de/tll_idx.htm

Industrieverband Agrar

www.iva.de

Bundesarbeitskreis Düngung

www.duengung.net/

Beratungsinitiative YARA Deutschland

www.effizientduengen.de

Homepages der LAD Mitglieder

www.dueka.de

www.kali-gmbh.com

www.kali-gmbh.com/duengemittel/fachinfo/beratung/reg_beratung.cfm

www.kalkstickstoff.de

www.ks-nitrogen.com

www.rheinkalk-kdi.de

www.yara.com

LAD Mitgliederverzeichnis 2010

AlzChem Trostberg GmbH

Dr. Gerhard Heß
Im Sellerts 10
64395 Brensbach
Fon: 06161-8419
Fax: 06161-8425
Mobil: 0170-4570258
e-mail: gerhard.hess@alzchem.com

DüKa Düngekalk GmbH

Peter Kratzer
Fraunhoferstraße 2
93092 Barbing
Fon: 09401-929942
Fax: 09401-929950
Mobil: 0171-5592089
e-mail: dueka@dueka.de
e-mail: peter.kratzer@p-kratzer.de

K+S Nitrogen GmbH

Norbert Baumgartner
Theodor-Körner-Straße 6
74613 Öhringen
Fon: 07941-380108
Fax: 07941-380109
Mobil: 0176-12349244
e-mail:
norbert.baumgartner@ks-nitrogen.com

K+S KALI GmbH

Peter Heintze
Habsburgerstraße 14
78267 Aach / Hegau
Fon: 07774-6146
Fax: 07774-7587
Mobil: 0176-12348348
e-mail: peter.heintze@kali-gmbh.com

Rheinkalk KDI GmbH & Co. KG

Thomas Arens
Erlenweg 18
63477 Maintal-Dörnigheim
Fon: 06181-4236754
Fax: 06181-4236755
Mobil: 0171-7789086
e-mail: arens.thomas@t-online.de

YARA GmbH & Co. KG

Marco Fleischmann
Am Schneckenpfad 11
97292 Uettingen
Tel.: 09369 982894
Fax: 09369 982895
Mobil: 0175-2665516
e-mail: marco.fleischmann@yara.com