

Impressum

Herausgeber

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden

WWW.LANDWIRTSCHAFT.SACHSEN.DE/LFL

Redaktion

Dr. Hartmut Kolbe

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau

Gustav-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig

E-Mail: hartmut.kolbe@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

Druck

Redaktionsschluss

31.07.2001

Auflage

Bezug

Preis bzw. ISBN

Rechtshinweis

Alle Rechte, auch die der Übersetzung sowie des Nachdruckes und jede Art der phonetischen Wiedergabe, auch auszugsweise, bleiben vorbehalten. Rechtsansprüche sind aus vorliegendem Material nicht ableitbar.

Verteilerhinweis

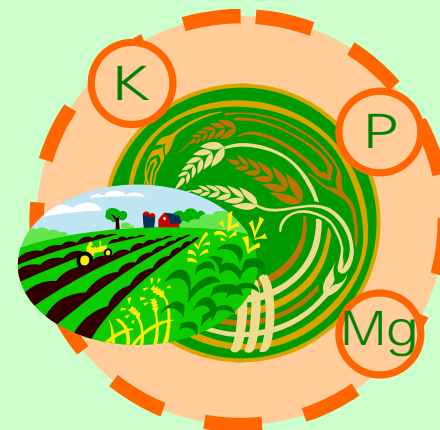
Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinarbeit der Herausgeber zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.



Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft



Grundlagen und praktische Anleitung zur P-, K- und Mg-Düngung im Ökologischen Landbau



Freistaat  Sachsen
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

1. Einleitung

Die Richtlinien zur Nährstoffversorgung und Düngung im ökologischen Landbau können folgender Maßen formuliert werden (AGÖL, 2000):

„Grundlage für ein gesundes Pflanzenwachstum ist eine harmonische Ernährung der Pflanzen mit Hilfe des Bodenlebens. Alle Düngungsmaßnahmen dienen dem Erhalt und Aufbau der Bodenfruchtbarkeit. Aus dem Betrieb stammendes organisches Material, insbesondere der Mist der landwirtschaftlichen Nutztiere sowie pflanzliche Rückstände, bilden die Grundlage der Düngung. Grundsätzlich ist die Selbstversorgung des Betriebes mit eigenen Düngemitteln anzustreben. Bei Einsatz von Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln sind die gesetzlichen Bestimmungen, vor allem die Vorgaben der Verordnung (EWG) 2092/91 (EU-Bio-Verordnung, ANON., 1991), zu beachten.

Die Verwendung von in den Betrieb eingeführten organischen Düngern ist nur in beschränktem Umfang gestattet. Eine Einführung ... von Zukaufdüngemitteln in den Betrieb ist nur bei erwiesenem Bedarf vorzunehmen. Dieser ist mit der Betriebsberatung abzusprechen. Mineralische Düngemittel ... sind als Ergänzung, nicht als Ersatz im Nährstoffkreislauf zu betrachten. Ihre Anwendung soll eine nachhaltige ökologische Bewirtschaftung gewährleisten. Dazu sind Bodenanalysen, genaue Beobachtungen im Betrieb sowie Absprachen mit der zuständigen Beratung erforderlich.“

Die nachfolgenden Ausführungen sollen einen Weg offenbaren, wie diese Grundsätze und Richtlinien des ökologischen Landbaus fachlich unterlegt und praktisch auf den Öko-Betrieben umgesetzt werden können.

2. Wichtige Grundlagen der Nährstoffversorgung und Düngung

Optimales pflanzliches Wachstum gewähren heißt für den ökologischen Landbau, die Selbstregulierungskräfte des Systems Boden-Pflanze zu erhöhen. Dies bedeutet für den Bereich Düngung und Nährstoffversorgung, dass die Fähigkeit der Pflanzen gestärkt werden soll, sich durch einen optimalen Bodenaufschluss mit Nährstoffen und allen anderen Wuchsstoffen zu versorgen (Abb. 1). Grundlage für diesen Vorgang ist eine sorgfältige Pflege des Bodenlebens zur Erhaltung und Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit.

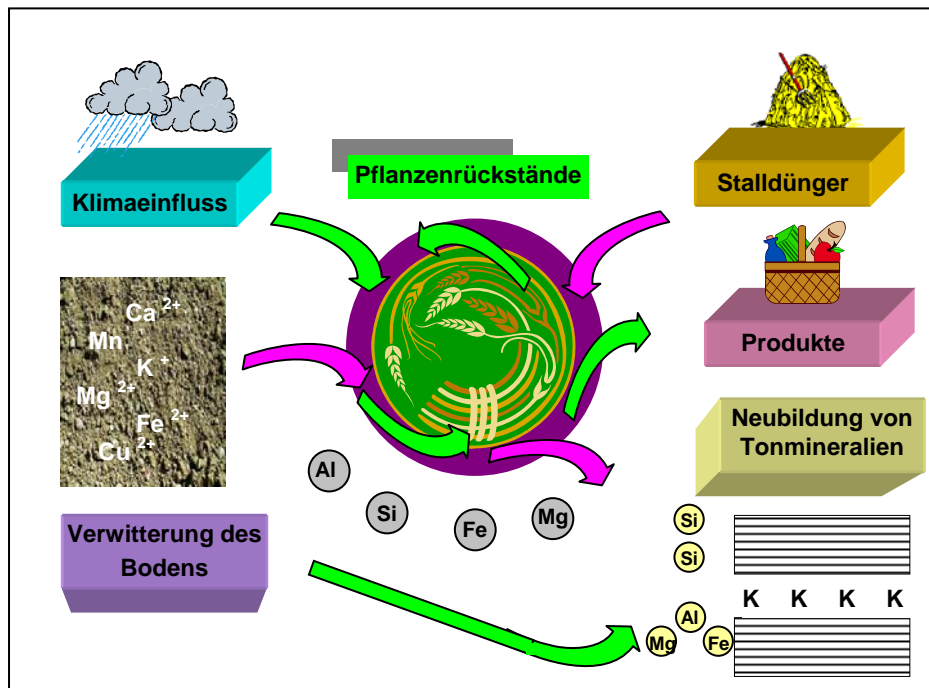


Abbildung 1: Bedeutung des Bodenaufschlusses durch Pflanzenwurzeln und Mikroorganismen im landwirtschaftlichen Betriebskreislauf (nach SCHELLER, 1999)

Durch diesen aktiven Prozess der Nährstoffmobilisierung durch Pflanzen und Bodenorganismen werden Kräfte mobilisiert, die langfristig zu einer Erschließung der Bodenreserven an Nährstoffen führen. Diese Bodenreserven sind um ein Vielfaches höher als die in den Lagerstätten heute bekannten Nährstoffreserven der Welt (Tab. 1).

Tabelle 1: Nährstoffgehalte und Mengen von Gesteinen und Sedimenten als Ausgangsmaterial der Bodenbildung (aus SCHACHT-SCHABEL et al., 1989)

Nährstoff	Ausgangsmaterial der Bodenbildung	
	Gehalte (%)	Mengen (kg/ha 1 m Tiefe)
P	0,04 – 0,13	6 600 – 18 500
K	0,6 – 4,3	100 000 – 635 000
Mg	0,06 – 0,17	9 000 – 25 200

Dieser gewünschte Nährstoffaufschluss erfolgt nur dann in einem nennenswerten Ausmaß, wenn die im Boden gelösten Nährstoffe rel. niedrige Gehalte annehmen und wenn eine Nährstoff-Zufuhr in schwer verfügbarer Form vorgenommen wird. Der Grund liegt darin, dass die Pflanzen nur in diesen Fällen durch ein erhöhtes Wurzelwachstum den Boden in verstärktem Maße durchwurzeln und so z.B. auch den Unterboden besser erschließen können. Zudem können die Pflanzen nur bei niedrigen Nährstoffgehalten über die Bildung von Wurzelexudate (Ausscheidungen, z.B. org. Säuren) und einer günstigeren Organismen-Zusammensetzung der Rhizosphäre (z.B. Mykorrhiza) einen höheren Nährstoffaufschluss leisten. Bei Aufrechterhaltung zu hoher Gehalte an pflanzenverfügbaren Nährstoffen können diese bodeneigenen Reserven nicht genutzt werden.

Als nächstes ist die Frage zu klären, welche Gehalte an löslichen Nährstoffen in der Bodenlösung für ökologische Anbaumethoden als optimal anzusehen sind. Nach LIEBIG'S bekanntem „Gesetz des Minimums“ ist der Faktor ertragsbegrenzend, der im Minimum vorliegt. Daraus kann abgeleitet werden, dass für die etwas geringeren Ertragserwartungen im ökologischen Landbau auch niedrigere Konzentrationen an Nährstoffen im Boden erforderlich sind als bei entsprechend höherem Ertragsniveau in der konventionellen Landwirtschaft.

Da es unter ökologischen Bedingungen bis heute keine entsprechenden Versuchsserien gibt, wurden zunächst Auswertungen von konventionellen Düngungssteigerungsversuchen genutzt, um Anhaltspunkte für die optimale Höhe der Nährstoffgehalte zu erlangen (Abb. 2). Werden aus diesen Düngungsversuchen die Erträge der Kulturarten den ermittelten Bodengehalten an löslichen Nährstoffen gegenüber gestellt, so ist deutlich zu erkennen, dass der Ertragszuwachs durch Düngung bei steigenden Bodengehalten in charakteristischer Weise abnimmt.

Werden außerdem unter ökologischen Anbaubedingungen maximal 30 % niedrigere Erträge veranschlagt (in Abb. 2 markiert), so können nach Auswertung vieler vergleichbarer Studien folgende Nährstoffgehalte des Bodens als ausreichend angesehen werden:

- P: $\cong 4,0$ (1 – 7) mg/100 g Boden (25 Studien)
- K: $\cong 5,8$ (4 – 10) mg/100 g Boden (20 Studien)
- Mg: $\cong < 1 - 2$ mg/100 g Boden (4 Studien).

Aus der Jahrzehnte alten Erfahrung von Praktikern und Beratern des ökologischen Landbaus werden für ein ungestörtes Wachstum gleichfalls Nährstoffgehalte zwischen 3,5 – 4,5 mg P und 6,5 – 8,5 mg K/100 g Boden genannt.

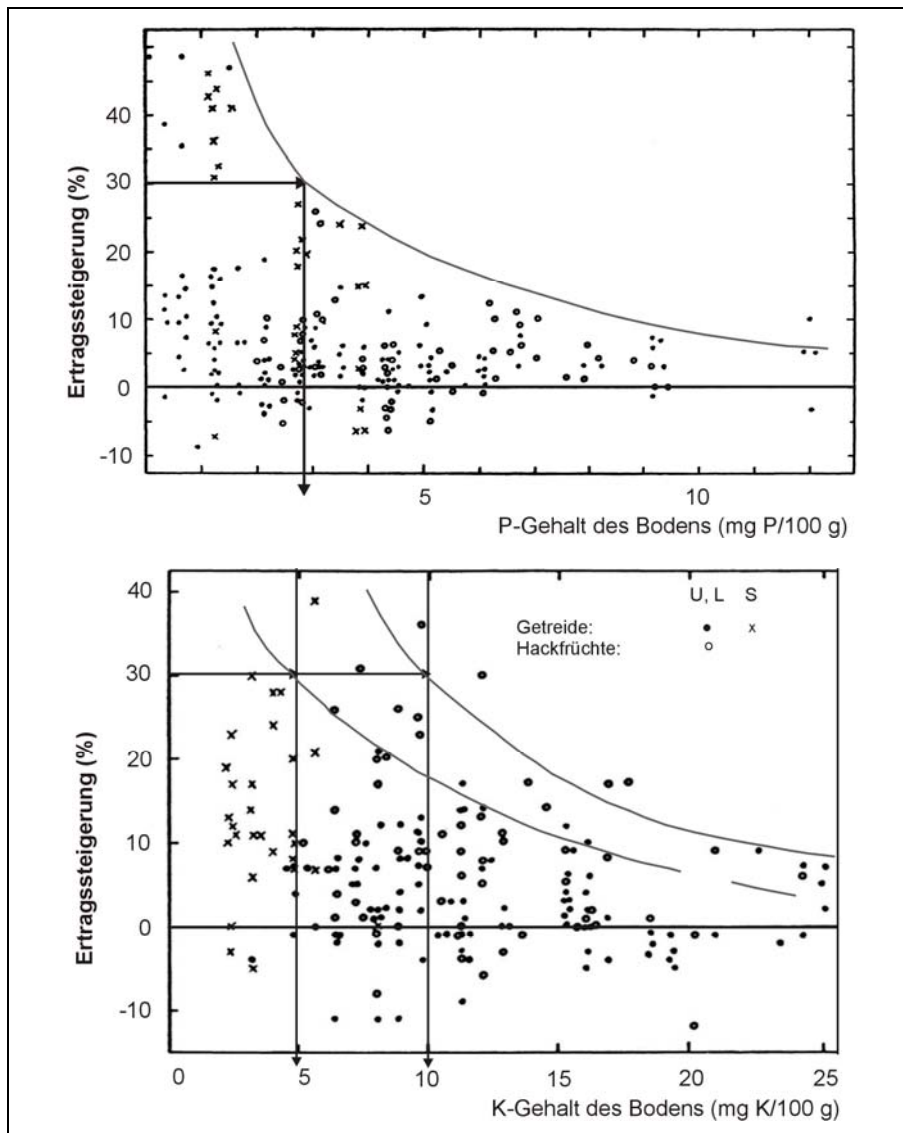


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen den durch P- bzw. K-Düngung bedingten Ertragssteigerungen und den Gehalten an laktatlöslichen Nährstoffen im Boden (verändert nach SCHACHTSCHABEL et al., 1976, Erklärungen siehe Text)

Für die Festlegung optimaler Nährstoffgehalte spielen auch zu erwartende Nährstoffverluste eine große Rolle. Nach SCHACHTSCHABEL et al. (1989) kann z.B. eine mittlere Auswaschung an Magnesium von ca. 15 – 25 kg und an Kalium von 20 – 50 kg/ha und Jahr angenommen werden. Nach neueren Untersuchungen sind bei rel. hohen Bodengehalten auch P-Verluste nachzuweisen (RÖMER, 1999). Es besteht daher ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Höhe dieser Nährstoffverluste und dem Versorgungsgrad der Böden. So sinkt z.B. die Auswaschung an Kalium auf Sandboden um ca. 50 %, wenn an Stelle der Bodenversorgungsstufe C die Versorgungsstufe B eingehalten wird (Abb. 3). An diesem Beispiel erfolgt sogar eine Abnahme der Auswaschung um 70 %, wenn an Stelle der Stufe D die Versorgungsstufe B aufrecht erhalten wird.

Nach AUERSWALD et al. (1996) nimmt auch die Erodierbarkeit und Verschlammungsneigung der Böden bei niedrigeren K-Gehalten deutlich ab. Eine Verringerung der Gehalte an Phosphor auf das Niveau der Versorgungsstufe B hat ebenfalls zur Folge, dass der durch Erosion bedingte Abtrag und Austrag an Phosphor in Oberflächengewässer um 30 – 50 % abnimmt (siehe auch NIEDER, 2000).

Die Vorteile niedriger Bodengehalte an laktatlöslichen Nährstoffen können abschließend wie folgt zusammengefasst werden:

- nach bisherigen Erkenntnissen sind für die Bedingungen des ökologischen Landbaus keine Ertragsausfälle zu erwarten (Minimum-Gesetz); Ausnahmen: extreme klimatische und pedogenetische Lagen sowie im Gemüsebau; in Zukunft Zugrundelegung von experimentell ermittelten Werten (Forschungsbedarf),
- z. T. deutlich höheres Aufschluss- und Mobilisierungsvermögen an Nährstoffen durch Pflanzen und Bodenorganismen,
- durch Ausnutzung der bodeneigenen Reserven deutlich verbesserter Ressourcenschutz,
- deutlich verbesserter Umweltschutz durch geringere Nährstoffverluste.

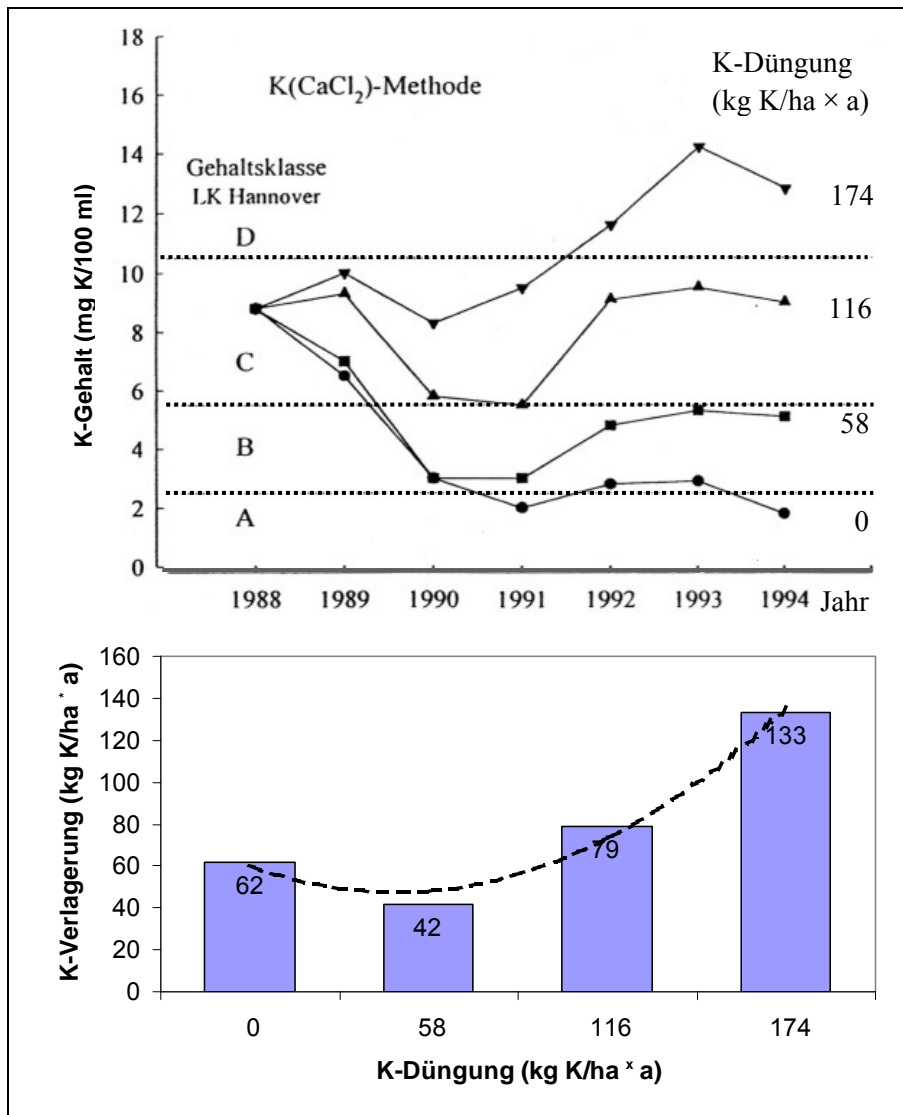


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen steigender K-Düngung, den Boden-gehalten an löslichem Kalium sowie der Verlagerung an Kalium in den Unterboden von Sandböden (nach SCHULZ, 1994; WULFF et al., 1998)

Ein Vergleich der o.a. niedrigeren Gehaltsbereiche mit den durch den VDLUFA ausgewiesenen Gehaltsklassen lässt erkennen, dass für ökologische Anbausysteme in den meisten Fällen die Versorgungsstufe B als optimal angesehen werden kann (Tab. 2 u. 3). Diese Gehalte liegen z.T. deutlich unter denen, die in der konventionellen Landwirtschaft bei entsprechend höherem Ertragsniveau als optimal angesehen werden (Gehaltsklasse C).

Tabelle 2: Gehaltsklassen für lösliche Bodennährstoffe von Ackerland und Grünland sowie Handhabung für den ökologischen Landbau (verändert n. REDELBERGER, 2000)

Gehalts- klasse	Einstufung	Anmerkungen für ökologische Anbauverfahren
A Sehr niedrig	Ertrags- u. Qualitätsmängel, sehr guter Umwelt- u. Ressourcenschutz, geringe Effizienz bei singulärem Mangel	Zufuhr an Grundnährstoffen von außen in der Regel notwendig
B Niedrig	Optimal für ökologischen Landbau: Ertrag, Qualität, Umwelt- und Ressourcenschutz	Zufuhr an Grundnährstoffen von außen in der Regel nicht notwendig (Ausnahmen möglich)
C Mittel	Optimal für konventionellen Landbau: Ertrag, verringerter Umwelt- u. Ressourcenschutz	Zufuhr an Grundnährstoffen von außen nicht notwendig (Ausnahmen möglich)
D Hoch	Maximaler Ertrag, Luxuskonsum, geringer Umwelt- u. Ressourcenschutz	Keine Zufuhr an Grundnährstoffen von außen
E Sehr hoch	Ertrags- u. Qualitätsdepressionen möglich, Luxuskonsum, kein Umwelt- u. Ressourcenschutz	Keine Zufuhr an Grundnährstoffen von außen (Vorsorge- u. Sanierungsmaßnahmen erwägen)

Das Nährstoffmanagement des Öko-Betriebes sollte darauf abgestimmt werden, in absehbarer Zeit die Versorgungsstufe B anzustreben und langfristig zu sichern. Hierdurch werden die Erfordernisse des Betriebes an das Ertragsniveau und die Qualität der Produkte sowie die erhöhten Ansprüche an den Umwelt- und Ressourcenschutz in der Regel sichergestellt. Nach dem üblichen Verfahrensweg kann dies z.B. durch periodisch durchgeführte Bodenuntersuchungen auf lösliche Nährstoffe und entsprechende Ausrichtung des Düngungsregimes auf den Betrieben geschehen. Bei der praktischen Durchführung der als notwendig empfundenen Maßnahmen bestehen allerdings hohe Unsicherheiten.

Tabelle 3: Versorgungsstufen für Phosphor und Kalium am Beispiel des Landes Sachsen (nach SUNTHEIM & NEUBERT, 2000)

Bodenart	Versorgungsstufe	DL-Methode	CAL-Methode
Phosphor			
S, SI, IS, SL, sL, L, IT, T, Mo	A	≤ 3,4	≤ 2,4
	B	3,5 – 5,9	2,5 – 4,8
	C	6,0 – 8,0	4,9 – 7,2
	D	8,1 – 12,0	7,3 – 10,4
	E	≥ 12,1	≥ 10,5
Kalium			
S	A	≤ 3,9	≤ 2,9
	B	4,0 – 6,9	3,0 – 6,9
	C	7,0 – 10,9	7,0 – 10,9
	D	11,0 – 15,9	11,0 – 15,9
	E	≥ 16	≥ 16
SI, IS	A	≤ 3,9	≤ 3,9
	B	4,0 – 7,9	4,0 – 7,9
	C	8,0 – 11,9	8,0 – 11,9
	D	12,0 – 19,9	12,0 – 18,9
	E	≥ 20,0	≥ 19,0
SL, sL	A	≤ 4,9	≤ 4,9
	B	5,0 – 8,9	5,0 – 9,9
	C	9,0 – 13,9	10,0 – 14,9
	D	14,0 – 22,9	15,0 – 22,9
	E	≥ 23,0	≥ 23,0
L	A	≤ 5,9	≤ 5,9
	B	6,0 – 10,9	6,0 – 10
	C	11,0 – 15,9	11,0 – 16,9
	D	16,0 – 26,9	17,0 – 25,9
	E	≥ 27,0	≥ 26,0
IT, T	A	≤ 9,9	≤ 7,9
	B	10,0 – 15,9	8,0 – 14,9
	C	16,0 – 22,9	15,0 – 23,9
	D	23,0 – 39,9	24,0 – 36,9
	E	≥ 40,0	≥ 37,0
Mo	A	≤ 6,9	≤ 4,9
	B	7,0 – 12,9	5,0 – 9,9
	C	13,0 – 16,9	10,0 – 16,9
	D	17,0 – 24,9	17,0 – 24,9
	E	≥ 25,0	≥ 25,0

Um ein höheres Maß an Sicherheit auf dem Gebiet der Grunddüngung zu erreichen, wird deshalb folgender Verfahrensweg vorgeschlagen. Als erster Schritt ist hierzu die Durchführung von Schlagkarteiaufzeichnungen über die Kulturarten und Zwischenfrüchte der Fruchtfolge sowie die Erträge und Düngungsmaßnahmen für jede Fläche des Betriebes erforderlich. Diese Aufzeichnungen sind oft schon aus gesetzlichen Erfordernissen (EU-Bio-Verordnung, Düngeverordnung) vorgeschrieben oder sie werden empfohlen.

Auf Grund dieser Aufzeichnungen ist es dann mit Hilfe von Tabellenwerken bzw. durch Anwendung eines PC-Programmes möglich, eine Nährstoffbilanz für jeden Schlag durchzuführen. Damit verlässliche Werte erhalten werden, sollten grundsätzlich Bilanzen für wenigstens eine Fruchtfolge-Rotation ermittelt werden (Abb. 4). Es können aber auch Bewertungen für die Kulturarten in den einzelnen Fruchtfolgejahren vorgenommen werden.

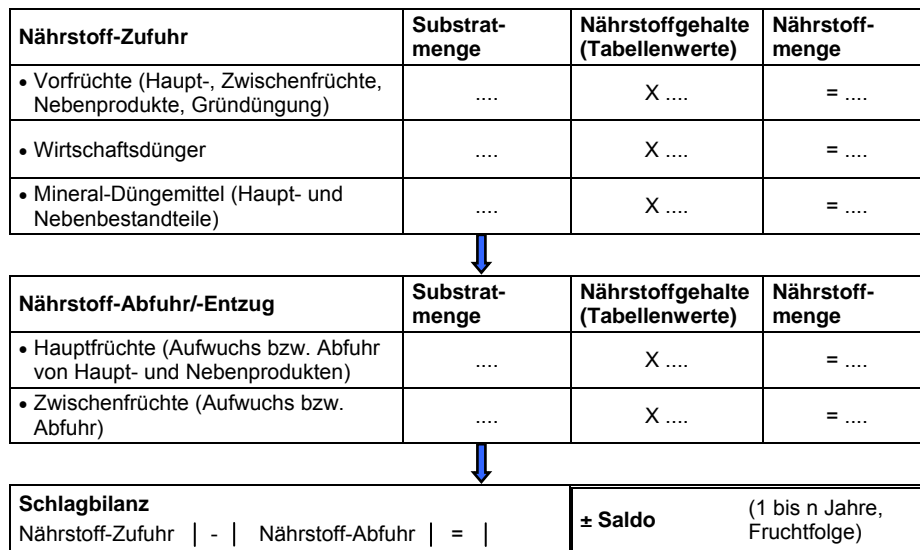


Abbildung 4: Schema zur Berechnung der Fruchtfolge-Schlagbilanz (KOLBE et al., 1999)

Im Bereich der konventionellen Landwirtschaft besteht ein umfangreiches Instrumentarium, das auch für ökologische Anbauverfahren sinnvoll genutzt werden kann, wenn bestimmte Bedingungen erfüllt sind. Zunächst müssen Summenwerte an Nährstoffen für die Bilanzkriterien Zufuhr und Abfuhr ermittelt werden. Hierzu werden die Nährstoffgehalte der Materialien in der Regel aus Tabellenwerken entnommen. Die Überprüfung eines entsprechenden Datenmaterials aus der Literatur

(u.a. aus WOESE et al., 1995a, b) über Vergleiche zwischen konventionellen und ökologischen Anbauverfahren ergab, dass neben einer rel. hohen Schwankung der Werte die mittleren Gehalte an Nährstoffen in den Öko-Produkten gewöhnlich etwas höher liegen (Tab. 4).

Tabelle 4: Relative Differenz der durchschnittlichen Nährstoffgehalte von Kulturarten-Gruppen zwischen konventionellem (= 100 %) und ökologischem Anbau nach Auswertung verschiedener Studien (u.a. WOESE et al., 1995a, b)

Gruppe	Phosphor	Kalium	Magnesium
Getreidearten (Körner)	+ 5,0	+ 4,7	+ 4,7
Kartoffeln (Knollen)	+ 13,4	+ 1,2	+ 4,6
Gemüsearten (Blätter, Kopf)	+ 3,0	- 1,3	+ 16,2
Mittelwerte	+ 7,1	+ 1,5	+ 8,5

Nach den bisherigen Erfahrungen sind diese Differenzen als nicht besonders groß zu bezeichnen oder sie haben keine besondere Bedeutung (wie z.B. bei Mg). Außerdem gibt es auch Veröffentlichungen mit geringfügig negativen Abweichungen in den Gehalten im Vergleich zu konventionellen pflanzlichen Materialien (z.B. MÄDER et al., 2000). Deshalb ist zunächst eine Korrektur der konventionellen Tabellenwerte unterlassen worden. Die über die Niederschläge zugeführten Mengen sind ebenfalls nicht von großer Bedeutung (nach SCHACHTSCHABEL et al., 1989): 0,2 – 2 kg P, 2 – 6 kg K u. Mg/ha und Jahr. Auch hierfür ist bisher keine Korrektur der Zufuhrwerte erfolgt.

Bei der Bilanzierung ist allerdings darauf zu achten, dass die Nährstoffe in den Materialien zu 100 % angerechnet werden. Es sollten keine Abzüge (z.B. direkte Wirksamkeit für die Folgekultur) akzeptiert werden, weil auf lange Sicht von einer 100 %igen Wirkung der Nährstoffe ausgegangen werden kann. Außerdem wird im ökologischen Landbau nicht direkt die Kultur sondern der Boden gedüngt, aus dem dann die Pflanzen ernährt werden. Auch aus dieser Perspektive gesehen ist es von Vorteil, die Bilanz immer über die gesamte Fruchtfolge zu kalkulieren.

Die durch die Schlag- bzw. Betriebsbilanz ermittelten Werte geben schon einen rel. guten Überblick über die betriebliche Situation (siehe Tab. 5). Gemischtbetriebe mit einer rel. hohen Viehhaltung weisen in der Regel ausgeglichene Nährstoffbilanzen auf. Intensive Marktfruchtbetriebe mit hohem Anteil an Hackfrüchten und Gemüse müssen dem gegenüber mit z.T. deutlich negativen Bilanzsalden rechnen.

Tabelle 5: Nettoentzüge an Phosphor und Kalium in verschiedenen Betriebssystemen (nach ALVERMANN, 1990)

Betriebstyp	Entzug (kg/ha LN)	
	P	K
Milchvieh-Grünlandbetrieb mit Zukauf des Futtergetreides	± 0	± 0
Marktfucht-Futterbaubetrieb, ca. 0,8 GVE/ha	– 9	– 17
Extensiver Marktfuchtbetrieb, viehlos	– 11	– 17
Intensiver Marktfuchtbetrieb, 30 % Kartoffeln u. Feldgemüse	– 13	– 50

Ein weiterer grundlegender fachlicher Zusammenhang besagt, dass die Nährstoff-Salden in einem ganz bestimmten Zusammenhang mit der Veränderung der Bodengehalte an löslichen Nährstoffen stehen. Auf diese Beziehungen haben weder verschiedene Düngemittel (mineralisch, organisch) noch unterschiedliche Anbausysteme einen deutlichen Einfluss. Daher war es möglich, durch entsprechende Auswertung von Ergebnissen aus einer hohen Anzahl an konventionellen Dauerversuchen der letzten Jahrzehnte, quantitative Beziehungen zwischen Saldowerten und der Bodenänderung an diesen Nährstoffen zu ermitteln. Die erhaltenen mathematischen Gleichungen wurden dann für den Aufbau eines Düngungsmodells genutzt, in dem wichtige ökologische Grundsätze berücksichtigt werden konnten.

Abbildung 5 zeigt Regressionsbeziehungen zwischen der langjährigen Feldbilanz an Kalium und der jährlichen Änderung der Gehalte an pflanzenverfügbarem Kalium in einem Sandboden. Es ist zu erkennen, dass sich mit steigenden Saldowerten die Bodenänderungen ebenfalls in einem bestimmten Verhältnis verändern. In Abhängigkeit von der Ausgangssituation der Nährstoffgehalte des Bodens und der Düngungshöhe des Versuches kann eine negative oder eine positive lineare Bodenänderung erfolgen. Bei einem positiven Saldo von ca. 50 kg K/ha findet über die Zeit keine Änderung der Bodengehalte mehr statt (Abb. 5, rechte Gerade). Hieraus wird ersichtlich, dass auf diesem Sandboden eine erhebliche Menge an Nährstoffen durch Verlagerung und Auswaschung den Bodenhorizont verlässt.

Werden diese Nährstoffverluste experimentell ermittelt (Daten aus Abb. 3) und von den Saldowerten abgezogen, so ergibt sich eine zweite Gerade, die nach links verschoben ist (Abb. 5). Es ist nun zu erkennen, dass die Salden auf diesem leichten Boden um durchschnittlich 10 – 15 kg K/ha je Jahr negative Werte annehmen können, ohne dass die Bodengehalte sich verändern. Diese Nährstoffmengen stammen sowohl aus der Nachlieferung des Bodens als auch aus der Nährstoff-Deposition, die mit den Niederschlägen in jedem Jahr auf die Fläche eingetragen wird.

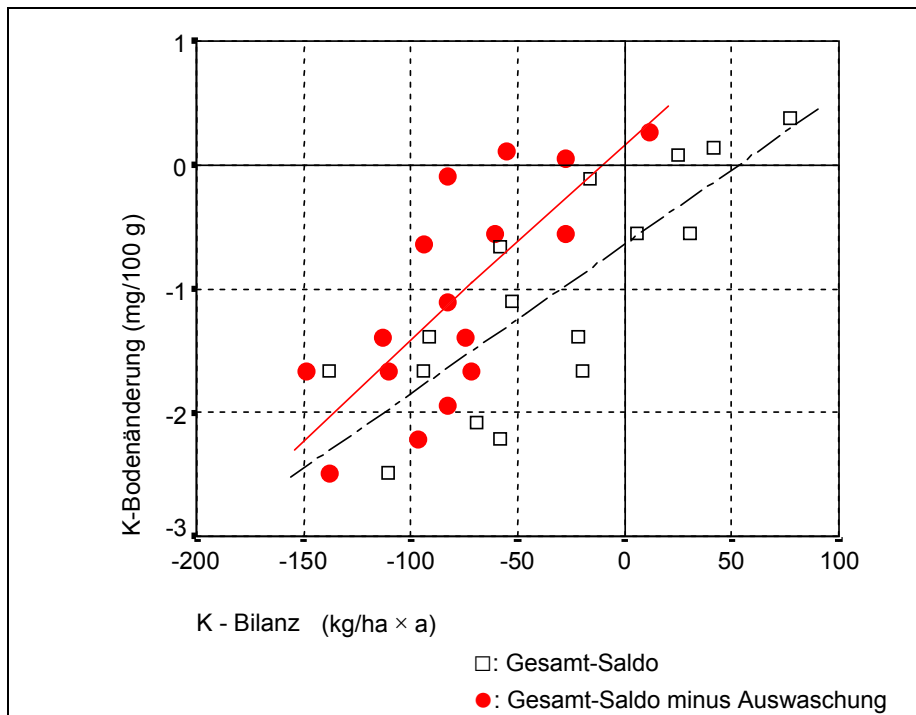



Abbildung 5: Einfluss der Feldbilanz (linke Gerade: nach Abzug der Auswaschung vom Saldo; rechte Gerade: incl. Auswaschung) auf die jährliche Änderung der Bodengehalte an Kalium auf Sandböden (Daten aus SCHULZ, 1994)

Im Allgemeinen können diejenigen Saldo-Werte, bei denen keine Bodenänderungen mehr stattfinden (Bodenänderung = 0), als Nährstoff-Summen der Komponenten

- Auswaschung,
- Nachlieferung,
- Festlegung und
- Deposition

angesehen werden.



Bei Kalium (und Magnesium) sind diese charakteristischen Bilanz-Salden stark abhängig von der Bodenart (siehe Abb. 2) und von dem Niveau der aufrecht zu erhaltenden Nährstoffgehalte in den Böden. Auf einem Sandboden überwiegt in der Regel die Auswaschung, es müssen also positive Bilanzsalden in einer bestimmten Höhe vorliegen, damit die gleichen Bodengehalte aufrecht erhalten werden können. Auf einem Leimboden überwiegt dagegen die Nachlieferung an Kalium. Hierbei können auch langfristig negative Schlagbilanzen vorliegen, ohne dass sich die Gehalte in der Bodenlösung ändern. Bei der Aufrechterhaltung vergleichsweise hoher Bodenwerte sind die Verluste (Auswaschung) größer und die Nachlieferung geringer (kaum Mobilisierung) zu veranschlagen, so dass die Nährstoffsalden höhere (positive) Werte annehmen müssen als bei Aufrechterhaltung entsprechend niedrigerer Bodenwerte.

Aufgrund einer groß angelegten Auswertung von vielen in der Literatur dokumentierten Dauerversuchen konnten in der geschilderten Weise mathematische Gleichungen für die wichtigsten Bodenarten ermittelt werden. Danach sind Sandböden mit Saldowerten von +10 kg bis +20 kg K/ha durch eine höhere Auswaschung charakterisiert, während Böden aus sandigem Lehm und Lehm eine Nettonachlieferung aus den Bodenreserven zwischen 50 kg und 70 kg K/ha und Jahr aufzuweisen haben. Insgesamt wurden 5 Gleichungen für Kalium für die folgenden Bodenarten ermittelt: S, Sl, SL, L, T. Für den Nährstoff Magnesium ergaben sich ähnliche Abstufungen, doch war das zu verwendende Datenmaterial nicht umfangreich genug, so dass bisher nur 3 Gleichungen festgelegt werden konnten. Auf den Nährstoff Phosphor demgegenüber hatten unterschiedliche Bodenarten keinen Einfluss. Saldowerte zwischen -1 kg und -2 kg P/ha und Jahr führten zu keiner Änderung der löslichen P-Bodengehalte (Bodenänderung = 0) (Datenmaterial u.a. aus KERSCHBERGER & MARKS, 1974). Daher wurde nur 1 Gleichung zur Verwendung auf allen Bodenarten festgelegt.

Die erhaltenen Gleichungen konnten nun dafür verwendet werden, um die angestrebte Bodenänderung zu berechnen (Abb. 6). Als Zielgehalte wurden die mittleren Werte der Versorgungsstufe B eingesetzt, die in 10 Jahren erreicht werden sollten. Die Düngungshöhe ergibt sich schließlich aus der Differenz zwischen der Nährstoffhöhe zur Erlangung des Bodenausgleichs und dem Saldo aus der Feldbilanz.

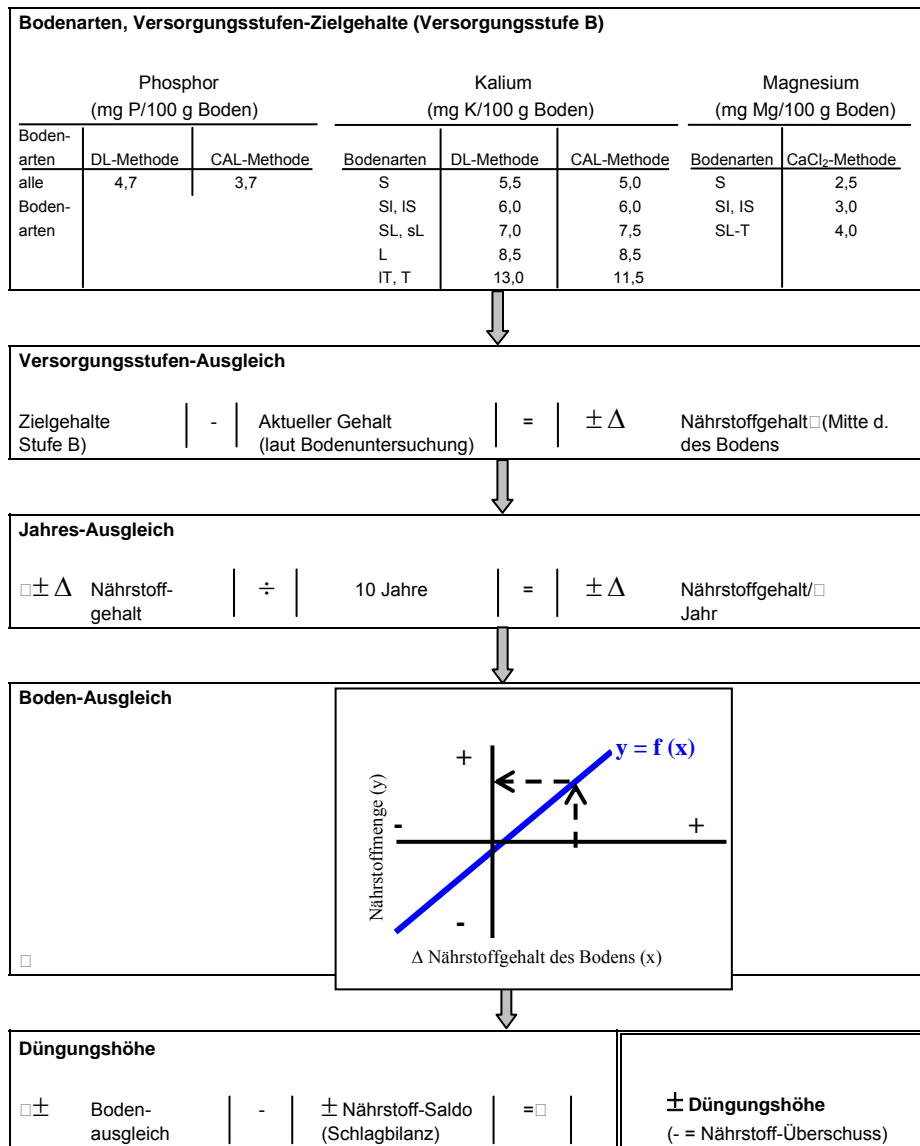


Abbildung 6: Schema zur Berechnung des Boden-Ausgleichs und der Düngungshöhe (KOLBE et al., 1999)

3. Anleitung zur Düngungsbemessung mit dem Düngungsmodell BEFU

Zur praktischen Durchführung der Grunddüngung mit Phosphor, Kalium und Magnesium wird entsprechend dem folgenden Schema vorgegangen (Abb. 7). (Bei der Düngung mit Kalk gibt es nach heutigem Kenntnisstand kaum Unterschiede zwischen konventioneller und ökologischer Sichtweise, so dass die Kalkversorgung entsprechend den pH-Werten der Flächen mit den im ökologischen Landbau zugelassenen Düngemitteln und den üblichen Verfahrenswegen vorgenommen werden kann.)

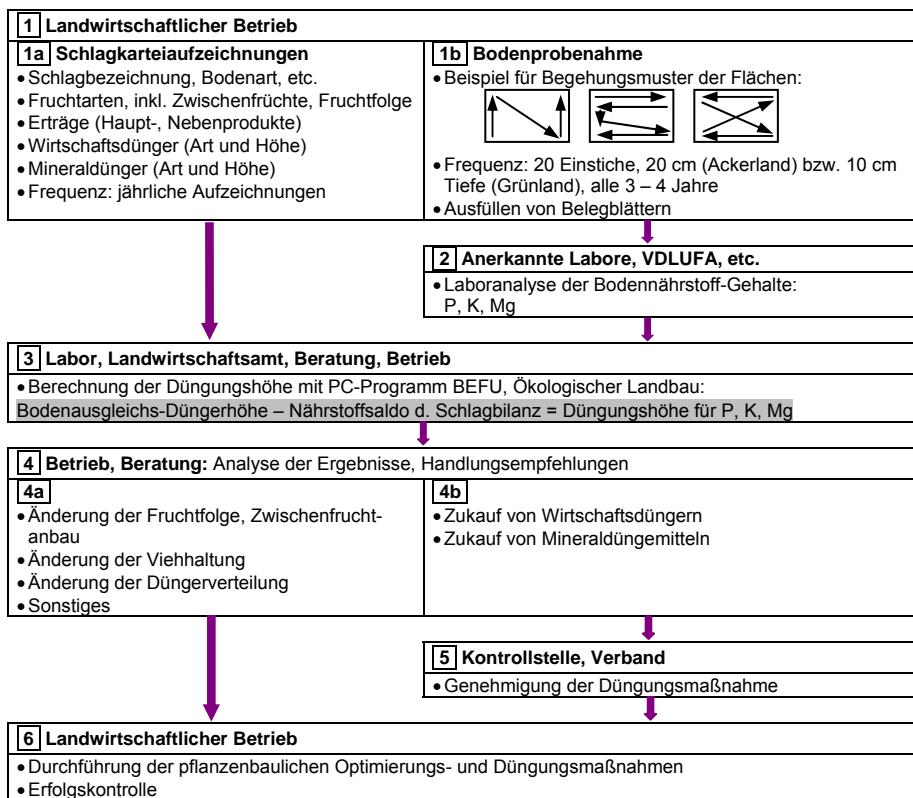



Abbildung 7: Checkliste zur PKMg-Grunddüngung im ökologischen Landbau



Eine wichtige Voraussetzung ist die lückenlose Führung von Schlagkarteiaufzeichnungen über die in der Fruchtfolge angebauten Kulturarten, deren Erträge, die Zufuhr an organischen und mineralischen Düngemitteln als jährliche Aufzeichnungen separat für jeden Acker- und Grünlandschlag. Hierzu können Formulare oder auch Programme der Verbände sowie von Beratungs-Einrichtungen verwendet werden (Punkt 1a, Abb. 7).

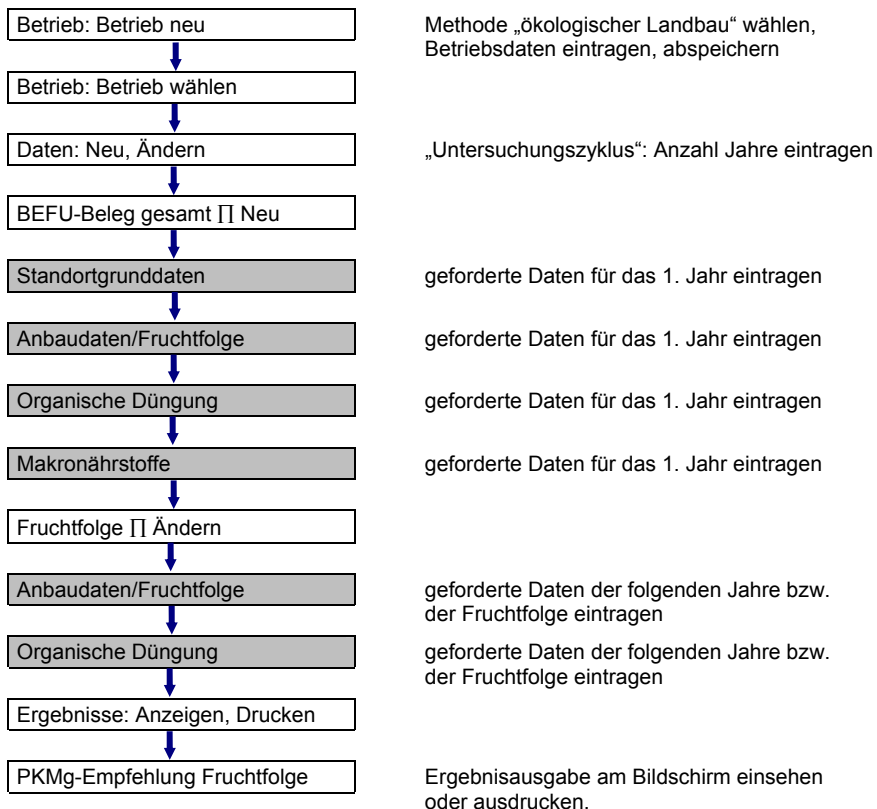
Eine weitere Voraussetzung ist eine periodisch durchzuführende Untersuchung aller Acker- und Grünland-Schläge auf die Gehalte des Boden an Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) (Punkt 1b, Abb. 7). Hierzu werden von einem (amtlichen) Probenehmer oder einem Mitarbeiter des Betriebes Bodenproben in der dargestellten Weise von jedem Schlag in Abständen von 3 – 4 Jahren mit einem speziellen Bohrer gezogen, getrocknet, gemischt und eine Menge von ca. 200 g mit einem Begleitformular (Belegblatt) versehen zu einer Laboreinrichtung verschickt (Punkt 2, Abb. 7).

Dort werden in der Regel gegen Kostenerstattung mit definierten Labormethoden (P u. K: DL- bzw. CAL-Methode; Mg: CaCl_2 -Methode) die extrahierbaren und somit als pflanzenverfügbar bezeichneten Gehalte an den Nährstoffen im Boden ermittelt. Wiederholte Analysen im Abstand von einigen Jahren geben Hinweise auf die Entwicklung der Nährstoffgehalte im Verlauf der Zeit und es können Rückschlüsse für die Bewirtschaftung abgeleitet werden. Es ist zu bedenken, dass die Untersuchungsergebnisse einer gewissen Streuung unterworfen sind. Vorlagen von extrem erscheinenden Ergebnissen sollten daher nicht überbewertet werden. Im Zweifelsfall sollte eine Wiederholung der Bodenuntersuchung in Erwägung gezogen werden.

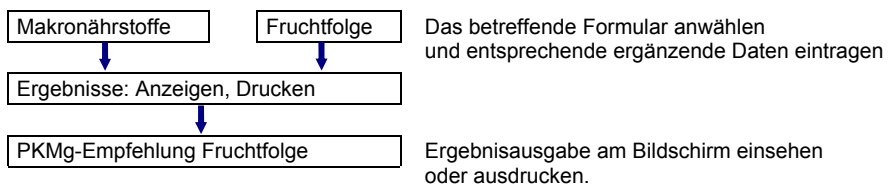
Als nächster Schritt erfolgt die Berechnung der Düngungshöhe mit Hilfe des PC-Programmes BEFU, Ökologischer Landbau (KOLBE et al., 1999; Punkt 3, Abb. 7). Dieses Programm kann über Internet heruntergeladen und auf den eigenen PC installiert werden:

<http://www.landwirtschaft.sachsen.de/befu/>

Mit Hilfe des Programmes kann die Berechnung im Labor, in der Beratungsstelle oder direkt im Betrieb vorgenommen werden. Für die Erstberechnung sind bestimmte Bildschirm-Formulare am PC in nachfolgender Reihenfolge auszufüllen:

Menü- bzw. Bildschirm-Formular**Anmerkungen**

Für Folgeberechnungen sind folgende Formulare abzuhandeln:

Bildschirm-Formular**Anmerkungen**

Grunddaten der Eingabe sind die Ergebnisse der Bodenuntersuchung sowie die Aufzeichnungen der Schlagkarteien. Der Mindestumfang sollte eine Fruchtfolge-Rotation, d.h. in der Regel 4 – 5 Jahre, nicht unterschreiten. Die Düngungshöhe wird ermittelt, in dem eine Bodenausgleichsdüngerhöhe berechnet wird, von der der Nährstoffsaldo der Schlagbilanz abgezogen wird (Abb. 8).

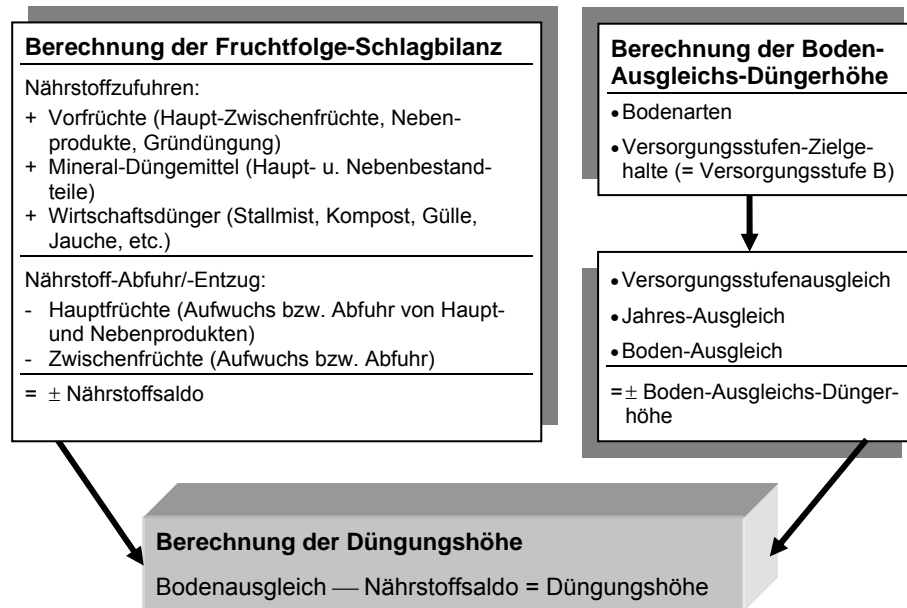


Abbildung 8: Prinzip zur Berechnung der Grunddüngung mit dem Programm BEFU, ökologischer Landbau

Als nächster wichtiger Schritt erfolgt die Analyse der erhaltenen Untersuchungsergebnisse, die die Betriebsleitung ggf. mit Hilfe der Beratung vornehmen sollte (siehe Punkt 4, Abb. 7). Abbildung 9 zeigt ein Ausgabeformular mit Rechenergebnissen über Düngungsempfehlungen für jeweils 3 Ackerschläge mit Sand- und Lehm-boden. Zunächst kann an der aufgeführten Fruchtfolge abgelesen werden, wie der Nährstoffbedarf zu den einzelnen Kulturarten veranschlagt worden ist. Es können ggf. Hinweise für eine optimalere Verteilung der Nährstoffzufuhren abgeleitet werden. Negative Werte informieren über einen Nährstoffüberschuss zu der entsprechenden Kultur, positive Werte drücken einen Düngebedarf aus.

Ökologischer Landbau in Sachsen						BEFU 2001				
Düngungsempfehlung in kg/ha										
Betrieb: öko-kontroll1						Wurzen		16.06.2001		
Feldstück-Schlag		Fruchtfolge	P	K	Mg	Untersuchungszyklus				
1-1						P	K	Mg	Jahr	
Bodenart	1997	Kleegras (50:50)	50	270	37	Element	138	563	103	1997
	1998	Kleegras (70:30)	27	176	28	Oxid	316	676	171	:
	1999	Qualitätsweizen	43	59	12	Vers.stufe	A	A	A	2001
	2000	Spätkartoffeln	-28	-66	7					
	2001	Winterroggen	46	124	19					
(S) Sand										
2-1										
Bodenart	1997	Kleegras (50:50)	23	211	35	Element	0	270	93	1997
	1998	Kleegras (70:30)	-7	117	26	Oxid	0	324	154	:
	1999	Qualitätsweizen	9	0	10	Vers.stufe	B	B	B	2001
	2000	Spätkartoffeln	-62	-124	5					
	2001	Winterroggen	13	66	17					
(S) Sand										
3-1										
Bodenart	1997	Kleegras (50:50)	-102	-172	0	Element	0	0	0	1997
	1998	Kleegras (70:30)	-62	54	0	Oxid	0	0	0	:
	1999	Qualitätsweizen	-81	-223	0	Vers.stufe	D	D	D	2001
	2000	Spätkartoffeln	-152	-347	0					
	2001	Winterroggen	-78	-158	0					
(S) Sand										
4-1										
Bodenart	1997	Kleegras (50:50)	22	-15	22	Element	133	24	101	1997
	1998	Kleegras (70:30)	50	251	43	Oxid	305	29	168	:
	1999	Qualitätsweizen	43	-26	12	Vers.stufe	A	A	A	2001
	2000	Spätkartoffeln	-28	-226	6					
	2001	Winterroggen	46	40	18					
(L) Lehm										
5-1										
Bodenart	1997	Kleegras (50:50)	-12	-75	6	Element	0	0	23	1997
	1998	Kleegras (70:30)	28	191	27	Oxid	0	0	38	:
	1999	Qualitätsweizen	9	-86	-4	Vers.stufe	B	B	B	2001
	2000	Spätkartoffeln	-62	-287	-9					
	2001	Winterroggen	13	-20	3					
(L) Lehm										
6-1										
Bodenart	1997	Kleegras (50:50)	-102	-257	0	Element	0	0	0	1997
	1998	Kleegras (70:30)	-62	9	0	Oxid	0	0	0	:
	1999	Qualitätsweizen	-81	-268	0	Vers.stufe	D	D	D	2001
	2000	Spätkartoffeln	-152	-468	0					
	2001	Winterroggen	-78	-202	0					
(L) Lehm										

Abbildung 9: Beispiel für ein BEFU-Ausgabeformular über Düngungsempfehlungen für Sand- und Lehm Boden mit unterschiedlich hohen PKMg-Versorgungszuständen der Böden (A, B, D)

Die Düngungsempfehlungen werden schließlich als Summenbeträge über die Fruchtfolge für die Nährstoffe Phosphor, Kalium und Magnesium in Element- und Oxidform ausgewiesen. Negative Werte werden auf 0 gesetzt (Abb. 9). Die berechneten zusätzlichen Nährstoffmengen sind in den ausgewiesenen Beispielen entsprechend der Bodenart und der Nährstoffversorgung für die einzelnen Schläge verschieden hoch. Ein deutlich unterversorgter Boden (Versorgungsstufe A) muss eine z.T. sehr hohe zusätzliche Düngung erhalten, damit eine Anhebung der Nährstoffversorgung auf das Niveau der Versorgungsstufe B in 10 Jahren erreicht werden kann. Auf Böden mit Versorgungsstufe B ist die bereits vorgesehene und verrechnete Düngungshöhe ausreichend oder die Nährstoffnachlieferung aus dem Boden ist rel. hoch (Lehm), so dass nur noch geringe oder keine zusätzlichen Düngungsmaßnahmen erforderlich sind.

In den Fällen, in denen hohe Düngungsbeträge ausgewiesen worden sind, sollte zunächst überlegt werden, ob mit gezielten innerbetrieblichen Maßnahmen eine Abhilfe erreicht werden kann (Punkt 4a, Abb. 7). So könnte mit einem intensiv betriebenen Zwischenfrucht- und Gründüngungsprogramm versucht werden, das Aufschließungspotential des Bodens zu verbessern. Intensive Marktfruchtbetriebe weisen über Kartoffel- und Gemüsebau einen hohen Nährstoffexport auf (siehe Tab. 5). Hier ist zu fragen, ob Änderungen in der Fruchtfolge möglich sind, um eine Besserung zu erreichen.

Erst nachdem alle acker- und pflanzenbaulichen Verbesserungsmöglichkeiten ausgeschöpft worden sind, sollten Düngungsmaßnahmen mit betriebsexternen Mitteln erwogen werden (Punkt 4b, Abb. 7). Hierbei ist zunächst zu fragen, ob dies durch Zukauf von organischen Düngemitteln möglichst von anderen Öko-Betrieben geschehen kann. Erst als letzte Möglichkeit sollte ein Zukauf von mineralischen Düngemitteln ins Auge gefasst werden. Ein Zukauf ist dann in Form der zugelassenen Düngemittel entsprechend der EU-Bio-Verordnung (siehe ANON., 2000; FIBL, 2001) über die Kontrollstelle, ggf. auch über den Anbau-Verband, in dem der Betrieb Mitglied ist, anzuzeigen und genehmigen zu lassen (Punkt 5, Abb. 7).

Entsprechend Punkt 6 der Checkliste (Abb. 7) sind als nächste Schritte die vereinbarten Verbesserungs- und Düngungsmaßnahmen durchzuführen. Die zusätzlichen Düngungsmaßnahmen sollten wiederum gezielt in der Fruchtfolge vorgenommen werden. Alle Hackfrüchte, besonders Kartoffeln, Feldgemüse aber auch Mais sowie Futterleguminosen-Bestände erfordern eine gute Versorgung mit Grundnährstoffen, so dass eine Düngung in einer Gabe oder in zweckmäßiger Aufteilung zu diesen Kulturen bevorzugt verabreicht werden sollte. Die Erfolgskontrolle erfolgt über eine intensive Beobachtung der Kulturbestände im Verlauf der Fruchtfolge und durch erneute Ziehung von Bodenproben und Nährstoffuntersuchungen in Abständen von 3 – 4 Jahren.

4. Literatur

- AGÖL (2000): Rahmenrichtlinien für den ökologischen Landbau. 15. Auflage, Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau, Darmstadt
- ALVERMANN, G. (1990): Muß ich dem Boden etwas zurückgeben. Bio-land Nr. 5, 6 – 7
- ANONYM (1991): Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates vom 24. Juni 1991 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 198, 1 – 15, sowie Ergänzungen
- ANONYM (2000): Zulässige Bodenverbesserer und Düngemittel (<http://www.stm.f.bayern.de>) → Landwirtschaft → ökologischer Landbau → Pflanzenbau: Düngemittelliste
- AUERSWALD, K., M. KAINZ, S. ANGERMÜLLER & H. STEINDL (1996): Influence of exchangeable potassium on soil erodibility. Soil Use Management 12, 117 – 121
- FIBL (2001): Zugelassene und empfohlene Hilfsstoffe für den biologischen Landbau. Hilfsstoffliste. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick, Schweiz
- KERSCHBERGER, M. & G. MARKS (1974): Beitrag zur Ermittlung des P-Düngerbedarfs und des pflanzenverfügbaren Phosphats in Ackerböden der DDR. Dissertation A, Berlin
- KOLBE, H., F. RIKABI, E. ALBERT, H. ERNST & F. FÖRSTER (1999): Ansätze zur PK-Düngungsberatung im Ökologischen Landbau. VDLUFA-Schriftenreihe 52, Kongreßband 1999, 223 – 226
- MÄDER, P., A. BERNER, Chr. BOSSHARD, H.-R. OBERHOLZER & P. FITZE (2000): Soil nutrients and yield of winter wheat grown on Swiss organic farms. IFOAM Scientific Conference Proceedings 13, 26
- NIEDER, R. (2000): Nährstoffanreicherung in Ackerkrumen vor dem Hintergrund des Boden-, Klima- und Gewässerschutzes. Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 41, 49 – 56
- REDELBERGER, H. (2000): Betriebsplanung im ökologischen Landbau. Bioland Verlag, Mainz
- RÖMER, W. (1999): Hohe Bodenphosphorgehalte und die Gefahr des P-Eintrages in das Medium Wasser. Mitteilung des Instituts für Grundwasserwirtschaft der TU Dresden Heft 2, 31 – 40
- SCHACHTSCHABEL, P., H.-P. BLUME, K.H. HARTGE & U. SCHWERTMANN (1976): Lehrbuch der Bodenkunde. 9. Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart

- SCHACHTSCHABEL, P., H.-P. BLUME, G. BRÜMMER, K.-H. HARTGE & U. SCHERTMANN (1989): Lehrbuch der Bodenkunde. 12. Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
- SHELLER, E. (1999): Pflanzenernährung und Düngung im organischen Landbau. In: I. LÜNZER & H. VOGTMANN: Ökologische Landwirtschaft. Pflanzenbau – Tierhaltung – Management. Springer LoseblattSysteme, med-inform Verlagsgesellschaft, Düsseldorf, 02.02, 1 – 21
- SCHULZ, V. (1994): Pflanzenverfügbares Kalium in norddeutschen Sandböden als Grundlage umweltschonender Kalium-Düngung von Ackerkulturen. Dissertation, Göttingen
- SUNTHEIM, L. & K.-H. NEUBERT (2000): Amtliche Untersuchungen auf pflanzenverfügbares Phosphor und Kalium in Böden ab 2001 auch im Freistaat Sachsen nach der CAL-Methode. Infodienst der Sächsischen Agrarverwaltung Nr. 11, 77 – 79
- WOESE, K., D. LANGE, C. BOESS & K.W. BÖGL (1995a): Ökologisch und konventionell erzeugte Lebensmittel im Vergleich. Eine Literaturstudie. Teil I. BGVV-Heft 4, 1 – 371
- WOESE, K., D. LANGE, C. BOESS & K.W. BÖGL (1995b): Ökologisch und konventionell erzeugte Lebensmittel im Vergleich. Eine Literaturstudie. Teil II. BGVV-Heft 5, 372 – 758
- WULFF, F., V. SCHULZ, A. JUNGK & N. CLAASSEN (1998): Potassium fertilization on sandy soils in relation to soil test, crop yield and K-leaching. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 161, 591 – 599