Haupt- und Spurenelemente Teil 3

Das Nährelement Kalium

Kalium im Boden

Kalium zählt zu den so genannten Alkalimetallen und ist im Boden u. a. als Salz (Kaliumnitrat, Kaliumsulfat), als Kalilauge oder in Form von K^+-Ionen in der Bodenlösung vertreten. Kalium kommt weder in der Natur noch in Düngemitteln als Kaliumoxid (K_2O= Kali) vor, welches als Verrechnungsgröße für kaliumhaltige Dünger verwendet wird.

Der überwiegende Teil des bodenbürtigen Kaliums befindet sich:

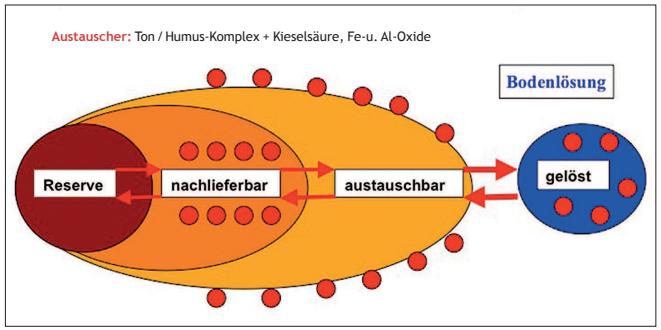
- im Gitter von Schichtsilikaten, woraus es erst nach langwierigen Verwitterungsprozessen freigesetzt und damit pflanzenverfügbar wird („K-Reserve“).
- in den Zwischenschichten aufweitbarer Dreischichttonminerale. Von dort aus wird Kalium sukzessive in die Bodenlösung geschwemmt, wenn diese verarmt. Den umgekehrten Vorgang bezeichnet man als K-Fixierung.
- gebunden an der Oberfläche der so genannten Austauscher [Grafik 1], vor allem an Zwei- und Dreischichttonmineralen (300 – 13000 kg Kalium / ha), in geringem Umfang an Kieselsäuren, Eisen- und Aluminiumoxiden und an der Oberfläche organischer Substanz (25 – 50 kg Kalium / ha). Das an den Austauschern gebundene Kalium steht in einem sehr engen Gleichgewicht zur K^+-Ionen-Konzentration der Bodenlösung.
- in der Bodenlösung, aus der in der Hauptsache die Kaliumaufnahme, in Form von K^+-Ionen, erfolgt. Diese Fraktion beläuft sich je nach Bodenart auf ca. 500 – 2000 kg Kalium / ha.

Zwischen den verschiedenen Kaliumfraktionen im Boden pendelt sich nach Düngung oder Entzug relativ rasch ein Konzentrationsgleichgewicht ein.

Die Verfügbarkeit von Kalium im Boden, d. h. seine Löslichkeit und der Transport, ist maßgeblich von dessen Wassergehalt abhängig. Deshalb wird bei Trockenheit nur sehr wenig Kalium aufgenommen. Die Kaliumauswaschung korrespondiert mit dem Tonmineralanteil des Bodens und den Niederschlagsverhältnissen. Auf leichten Böden können beachtliche Mengen aus dem Wurzelraum ausgewaschen werden.

Kationen-Austausch-Kapazität (KAK)

kennzeichnet die Menge an Kationen, die in einer bestimmten Bodenmasse an Austauschern reversibel gebunden werden kann, damit vor Auswaschung oder Ausfällung geschützt wird, und die bei Bedarf wieder bereitgestellt, d. h. pflanzenverfügbar wird. Die Summe der austauschbaren Kationen (Kationenbelag) korreliert mit der Menge und Qualität der Austauscher im Boden. Die größte bindungsfähige Oberfläche bietet dabei die organische Substanz, gefolgt von der mineralischen Bodenfraktion (~ Tonanteil), während Sand die geringsten Bindungseigenschaften aufweist.



Grafik 1: Bindungszustand der Nährstoffe im Boden

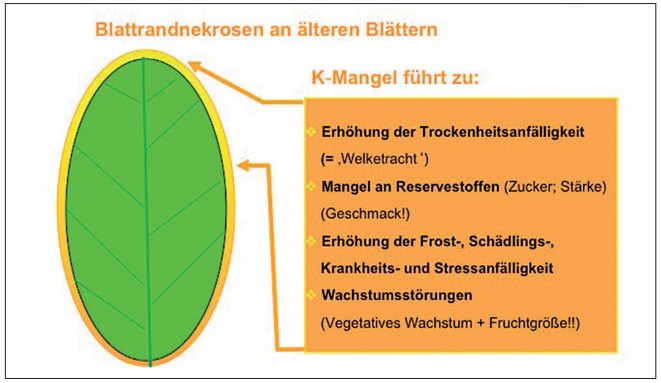
Kaliumfixierung

Der Prozess der Kalifixierung setzt nach jahrelanger Unterversorgung ein, die eine allmähliche Verarmung der Bodenlösung und anschließend der Austauscher und Zwischenschichten zur Folge hat. In solchen Fällen spricht man auch von so genannten „Kaliumlöchern’. Darauf folgende Düngegaben füllen zunächst die ‘Kaliumlöcher‘ in den Zwischenschichten. In solchen Fällen sind extrem hohe Düngegaben erforderlich (1000 – 2000 kg K_2O / ha), damit wieder ausreichende Mengen an pflanzenverfügbarem Kalium an den äußeren Tonmineraloberflächen und in der Bodenlösung zur Verfügung stehen. Die Kaliumverfügbarkeit ist günstig bei:

- einem ausreichend hohen K^+-Ionen Angebot in der Bodenlösung bzw. an den Austauschern (ca. 15 – 25 mg / 100 g Boden)
- einer ausreichend guten und gleichmäßigen Wasserversorgung
- einer hohen Kaliumsättigung und geringen Kaliumfixierung an bzw. in den Tonmineralen
- optimalem Wurzelwachstum und einem geringen Angebot an Antagonisten

Aufnahme und Transport von Kalium

Für die Aufnahme von Kalium ist ausreichend und kontinuierlich hohe Bodenfeuchte von ausschlaggebender Bedeutung. Kalium wird als K^+-Ion überwiegend aus der Bodenlösung, teilweise aber auch direkt von Tonkolloiden aufgenommen. Obwohl Kalium an der Wurzel gegenüber den Antagonisten Calcium, Magnesium, Ammonium und Natrium eine deutliche Dominanz besitzt, wird die Aufnahme bei einem sehr hohen Angebot an Gegenspielern erschwert. Kalium besitzt sowohl im Transpirationsstrom (Xylem) wie auch im Assimilationsstrom (Phloem) eine hohe Beweglichkeit. Die Vegetationspunkte werden am besten versorgt, deshalb erscheinen Mangelsymptome zuerst an den älteren Pflanzenteilen.



Grafik 2: Allgemeine Kalium-Mangelerscheinungen

Versorgungssituation in der Pflanze

Kalium nimmt hinsichtlich des mengenmäßigen Bedarfs der Pflanzen, neben Calcium, die Spitzenposition unter den Nährelementen ein. Aufgrund des problemlosen Transports im Assimilatstrom ist die Verteilung der Blatt- und Fruchtgehalte weitaus gleichmäßiger als die des Calciums. Zur Erfüllung der zahlreichen Funktionen von Kalium in der Pflanze sind in allen vegetativen und generativen Organen Mindestgehalte erforderlich. Die verschiedenen Obstarten besitzen diesbezüglich unterschiedliche Ansprüche, die in Form von Blattsollwerten in [Tab 1] aufgeführt sind.

Bei der Beurteilung der Kaliumversorgungssituation in den Früchten sollte auch auf ein ausgewogenes Verhältnis zu Calcium geachtet werden. Zu hohe Kaliumwerte verursachen ein ungünstiges Kalium / Calcium-Verhältnis (optimal: < 20) und erhöhen damit die Gefahr von physiologischen Störungen.

Obstart	Zeitraum	Entnahmeort	% K i.d. Trockensubstanz
Apfel Standard	Juli / August	Mitte einj. Triebe	1,00 - 1,40
Birne	Juli / August	Mitte einj. Triebe	1,20 - 2,00*
Kirschen + Pflaumen	Juli / August	Mitte einj. Triebe	1,50 - 2,00
Himbeeren	Juli / August	gut entw. Blätter + Stiel an Fruchtruten (trieben)	1,80 - 2,50
R. Johannisbeeren			1,50 - 2,50
Erdbeeren		gut entw. Blätter + Blattstiel	1,50 - 2,30

Tabelle 1: Optimale Kaliumversorgungsbereiche in Blättern verschiedener Obstarten. Quelle: PCF-St. Truiden
*höchste Werte bei Conference, Williams

Funktionen von Kalium in der Pflanze

Kalium findet sich als einziges Nährelement in keinem pflanzlichen Bestandteil, sondern es fungiert als reines Funktionsnährelement.

Kalium reguliert den Wasserhaushalt der Pflanze, d. h. die Aufnahme von Wasser wird begünstigt und eine übermäßige Wassergabe verhindert.

Kalium aktiviert ca. 60 Enzyme und ist damit u. a. beteiligt an der Photosynthese, der Eiweißsynthese und dem Aufbau von Kohlehydraten (Zucker), Stärke, Fetten, Aromastoffen und Ascorbinsäure.

Des Weiteren ist Kalium von Bedeutung für den Energiestoffwechsel, den Transport von Kohlehydraten und Eiweißstoffen, sowie für die Bildung und Mobilisierung von Reservestoffen (Stärke).

Infolge dieser vielfältigen Funktionen stellt eine optimale Kaliumversorgung die Widerstandsfähigkeit der Pflanze gegen Trockenheit, Frost (Gefrierpunkterniedrigung), Krankheiten, Schädlinge (Festigung des Zellgewebes) und allgemeine Stressfaktoren sicher. Vor allem aber unterstützt Kalium eine Vielzahl von Wachstumsvorgängen und Qualitätseigenschaften.

Kaliummangelsymptome

- Erhöhte Trockenheitsanfälligkeit bis hin zu Welkeerscheinungen (Welketracht) sowie gesteigerte Frost- aber auch Schädlings-, Krankheits- und Stressanfälligkeit.
- Wachstumsverzögerungen bis hin zum Wachstumsstillstand (verkürzte Internodien, gedrungener Wuchs). Da Wachstumsstillstand vom Rand aus beginnt, entwickeln sich an den ältesten Blätter Nekrosen entlang der Blattspitzen und darauf folgend an den Blatträndern (Blattrandnekrosen). Die jüngsten Blätter sind weniger stark betroffen.
- Geringerer Massen- und Qualitätsertrag (Fruchtgröße, Deckfarbe, vorzeitige Reife, Säuregehalt, Geschmack) infolge des nachhaltig gestörten Enzym-, Kohlehydrat- und Eiweißstoffwechsels und aller damit verbundenen Aufbauprozesse.

Bei anfälligen Apfelsorten (Boskoop, Rubinette) nimmt die Gefahr von Kältefleischbräune (LTB) deutlich zu. Kirschen reagieren mit blaugrünen Blättern, die sich parallel der Mittelrippe aufrollen. Pflaumen zeigen ab Juli braune Blattrandnekrosen, abgestorbene Triebspitzen und kleine, rote, geschmacklose Früchte. Erdbeeren bilden wenig Ausläufer, die Früchte bleiben klein, weich und sind wenig schmackhaft. [Grafik 2]

[1] Kalimangel an Blättern von Boskoop

[2] Kalimangel an Jonagoldblatt

[3] Low Temperature Braekdown in Folge von Kaliummangel bei Früchten der Sorte Golden Delicious

oben [4] Kalimangel an Blättern von Conference
unten [5] Kalimangel an Himbeerblättern

Versorgungsstufen	Versorgungsbereiche von Kalium in mg K_2O / 100 g Boden		
	leichter Boden	mittelschwerer Boden	schwerer Boden
A niedrig	< 5	< 5	< 8
B mittel	6 - 8	6 - 14	9 - 17
C anzustreben	9 - 15	15 - 20	18 - 26
C hoch	16 - 25	21 - 30	27 - 35
E sehr hoch	> 5	> 30	> 35

Tabelle 2: Versorgungsbereiche von Kalium und Magnesium in mg K_2O / 100 g Boden sowie Zu- und Abschläge zur Ermittlung der standortspezifischen Versorgungsstufe C, Quelle: VDLUFA; KoGa

	mg K_2O / 100 g Boden
Durchwurzelungsmöglichkeit < 60 cm	+ 1
Steinanteil > 30 %	+ 2
Ackerzahl < 40	+ 2
Ackerzahl > 60	- 2
Jahresniederschlag < 600 mm	+ 2
Nährstoffgehalt im Unterboden (30 - 60 cm) < C-Wert	+ 2
Nachbau	+ 1
Birnen, Steinobst, Gala-, Golden- Gruppe	+ 2

Tabelle 3: Zu- und Abschläge in mg / 100 g K_2O zur Ermittlung der standortspezifischen Versorgungsstufe C

Kaliversorgungsstufen im Boden

Bei der Einstufung der Bodenuntersuchungswerte in Gehaltsklassen bzw. Versorgungsstufen wird nach Bodenarten (Tongehalt) differenziert. Die in [Tab. 2] aufgeführten Versorgungsstufen gelten für mittlere Verhältnisse. Je nach Standort müssen weitere Zu- und Abschläge vorgenommen werden. Auf diese Weise kann die standortspezifische Versorgungsstufe C ermittelt werden. Wegen des sehr ausgeprägten Antagonismus sollte im Boden ein Verhältnis von 2:1 zwischen Kalium und Magnesium angestrebt werden. Bei K_2O/Mg -Verhältnissen von >3:1 muss mit Magnesiummangelerscheinungen gerechnet werden. [Tab 2+3]

Grundlagen der Kalidüngung

Äpfel im Vollertrag (40 – 60 t / ha) haben einen jährlichen Bedarf von ca. 60 – 80 kg K_2O / ha, Birnen beanspruchen 90 – 100 kg K_2O / ha. Bei Steinobst muss bei einem Ertragsniveau von 30 t / ha mit einem Nettoentzug von 70 kg K_2O / ha gerechnet werden, bei Erdbeeren mit 50 – 70 kg K_2O / ha. In Versorgungsstufe C sollte demzufolge in Abhängigkeit vom Standort und der jeweiligen Obstart jährlich zwischen 60 und 100 kg Kali pro Hektar gedüngt werden. Sollte eine Aufdüngung von Versorgungsstufe B nach C erforderlich sein, müssen pro fehlendem mg K_2O / 100 g Boden 30 kg Kali pro Hektar zugeführt werden. Im Obstbau sollten dazu möglichst nur sulfathaltige Kalidüngemittel eingesetzt werden. Chloridhaltige Kalidünger wie Kornkali, 60er Kali oder Bioabfallkomposte mit Bestandsanteilen aus Haushaltsabfällen sowie frischer Rindermist (enthält 69 kg Chlorid in 300 dt) sind wegen der relativ hohen Chloridanfälligkeit verschiedener Obstarten nicht zu empfehlen. Gedüngt wird, wegen der verhältnismäßig langsamen Verlagerung des Kaliums im Boden, entweder im Herbst oder im zeitigen Frühjahr.

Mineralische Kali- Herkünfte

Die Kalilagerstätten in Deutschland entstanden vor mehr als 200 Mio. Jahren durch Verdunstung des Zechsteinmeeres. Der Abbau der Kali- und Magnesiumvorkommen erfolgt unter Tage in einer Tiefe von 400 – 1500 m in Form verschiedener Mineralsalze: Carnallit, Hartsalz und Sylvinit, welche zu unterschiedlichen Anteilen aus Kalium, Magnesium, Natrium

Wirtschaftsdünger (Mittelwerte über Frischmist bei verschiedenen Haltungsformen)	% TS	C/N	N kg / 10 t FM		P_2O_5 kg / 10 t FM		K_2O kg / 10 t FM	
			gesamt	wirksam im 1. Jahr	gesamt	wirksam im 1. Jahr (ca. 30 %)	gesamt	wirksam im 1. Jahr (ca. 60 %)
Stroh*	35	100	20	2	10	1	80	10
Chinaschilfhäcksel	18	110	7	1	5	< 1	13	< 4
Biokompost frisch	55	16	45	15	30	9	50	30
Biokompost fertig	60	20	36	10	13	4	26	16
Champignonkompost	34	21	58	25	16	5	85	51
Rindermist*	25	15	50	20	35	11	70	42
Schweinemist	30	13	80	30	80	24	65	39
Pferdemist	30	25	45	20	30	9	80	48
Schafsmist	29	14	75	30	30	9	130	78
Hühnermist	60	13	200	80	140	42	140	84

Tabelle 4: Durchschnittliche Nährelementgehalte verschiedener Wirtschaftsdünger in kg / 10 t Frischmasse (ca. 7,5 cbm) und wirksame Nährelementmengen im Einsatzjahr

und Sulfat bestehen. In Deutschland wird Kali seit Mitte des 19. Jahrhunderts in verschiedenen Lagerstätten in Norddeutschland, Hessen und Thüringen abgebaut. Dabei werden die Kalirohsalze vermahlen oder in heißem Wasser gelöst, wodurch Kaliumchlorid entsteht, was mit Hilfe des so genannten Flotationsverfahrens zu Kaliumsulfat weiterverarbeitet wird. Kalisulfat ist der Grundbestandteil der beiden wichtigsten mineralischen Kalidünger im Ökoanbau, dem KalisopR und Patentkali und letztendlich auch der Vinasse, welcher 3 % mineralisches Kaliumsulfat zugefügt wird. Patentkali ist wegen des hohen Magnesiumanteils einer der gebräuchlichsten Kalidünger im Obstbau.

Die Herstellung der im konventionellen Anbau gebräuchlichen NPK-Dünger erfolgt durch Beimischung von Kalkammonsalpeter und Superphosphat zu Kaliumsulfat oder Kaliumchlorid. Früher wurden die Körner der mit Kaliumchlorid angereicherten Handelsdünger rot und die mit Kaliumsulfat angereicherten mit blau gekennzeichnet. Die Blaudeklaration wird heutzutage zwar nach wie vor von den meisten Herstellern verwendet, ist aber gesetzlich nicht mehr verpflichtend erforderlich. Der Begriff chloridfrei wurde zwischenzeitlich verboten und durch „chloridarm“ ersetzt. Letzterer darf nur dann verwendet werden, wenn der Chloridanteil unter bzw. max. bei 2 % liegt.

Organische Kalidünger

Sehr hohe Kaliwerte besitzen vor allem Schafs- und Hühnermist. Rindermist muss wegen des besonders hohen Chloridgehaltes erst 10 – 20 Wochen abgelagert werden, bevor er ausgebracht wird. Der Einsatz von Mist ist vor allem auf Problemstandorten durchaus empfehlenswert und kann durch Einarbeitung vor der Neupflanzung oder durch anschließendes Abdecken des Pflanzstreifens realisiert werden. In der Praxis wurden in den zurückliegenden Jahren auch gute Erfahrungen mit Champost (=Champignonmist) gemacht, einem organischen NPK-Dünger, der das Bodenleben nachthaltig stimuliert. Hauptbestandteil ist frischer, nicht kompostierter Pferdemist. Damit sich die Salzgehalte abbauen können, sollte der Champost vor der Einbringung abgelagert werden. Abgelagerter Champost kann beispielsweise in den Pflanzsteifen eingearbeitet und in den darauffolgenden Jahren zur Abdeckung der Pflanzscheiben genutzt werden. Das Material sollte nachweislich aus ökologischer Produktion stammen und die Aufwandmengen müssen gemäß der Bioabfallverordnung sowie der Düngemittelverordnung berechnet werden. [Tab 4]

Ökologisch wirtschaftende Betriebe können das Kaliangebot ihrer Böden weiterhin mit Maltaflor bio (aus Malzkeimmehl), Vinasse (aus Zuckerrüben) sowie mit OPF 6-5-6 (aus Vinasse+ Melasse+ Luzernen-

[6] Unter Tage Abbau von Kalisalzen
FOTO: Kali und Salz

[7] Neuer organischer Kalidünger: AminofertR-Kalium

Handelsname	Vertreiber	Form des K-Anteils	Gehalt		Neben-bestandteile	Bemerkungen
			% K	% K2O		
Kalisop® = Kaliumsulfat gran.	Kali+Salz	K_2SO_4 (93%)	42	50	18% S	max. 1% Cl
Patentkali	Kali+Salz	K_2SO_4 $MgSO_4$		30	10% MgO; 17% S	< 3% Cl nach EU-VO-834 / 2007 Ökoanbau zugelassen
Aminofert®-Kalium	Beckmann u. Brehm	K_2SO_4		20	0,5% N + 1,7% MgO + 3,3% CaO	Ausgepresste, raffinierte Grassilage + Meeresalgen + Aminosäuren
Vinasse	BIOFA	3 % aus K_2SO_4		5,7	5% N, 0,3% P2O5	Entzuckerte Rübenmelasse

Tabelle 5: Übersicht über die wichtigsten Kalidünger nach EU-VO-834 / 2007 Ökoanbau zugelassen

Produkt	Vertreiber	K-Gehalt in %	N-Gehalt in %	P-Gehalt in %	Bemerkungen
Kalisulfat* (= Hortisul)	Kali+Salz	52	0	0	18% S < 0,5% Cl
Aminofert® -Kalium	Beckmann u. Brehm	20	0,5		+ 1,7% MgO + 3,3% CaO
OPF 6 5 6*	Plant Health Care (GB)	6 50,2 g / l	6 62,2 g / l	5 50,2 g / l	alle Spuren-nährelemente

Tabelle 6: Übersicht über die aktuellen kalium- bzw. phosphorhaltigen Blattdünger nach EU-VO-834 / 2007 Ökoanbau zugelassen

Vorblüte	Blüte	Nachblüte	Sommer	Herbst
Rosettenblatt-qualität	Fruchtansatz: •Blütenvitalität •Pollenkeimung •Pollenschlauch-wachstum	Blattqualität Glattschaligkeit	Fruchtqualität Fruchtgröße Fruchtfarbe	Reserven
Stickstoff Magnesium Mangan Zink	Stickstoff Bor	Stickstoff Magnesium Mangan Zink, Bor	Calcium Kalium Phosphor Mangan	Stickstoff Phosphor Zink Bor

Grafik 3: Kulturangepasste Blattdüngestrategie

mehl) abdecken. Zunehmende Bedeutung als Kalidünger erlangen mittlerweile Abfallprodukte aus der Bioethanolherstellung. Ausgangsprodukte sind stärkehaltige Rohstoffe u. a. Getreide, Mais, Melasse, Vinasse die ihrerseits selbstverständlich aus Bioanbau stammen müssen. Ein Vorstufenprodukt dieses Herstellungsprozesses ist das AminofertR-Kalium der Firma Beckmann und Brehm. Dabei handelt es sich um einen ‚Pressaft' aus Kalium- akkumulierenden Pflanzen (Gräsern, Leguminosen), die raffiniert werden und denen Meeresalgen und Aminosäuren zugesetzt werden. Die Reste werden anschließend der Biogasherstellung zugeführt. [Tab. 5]

Blattdünger

In [Tab. 6] sind verschiedene Blattdünger aufgeführt, deren Einsatz im Wesentlichen von der Versorgungssituation über den Boden abhängt. Auf gut versorgten Böden und bei gleichzeitig guten Aufnahmebedingungen (= gleichmäßige Bodenfeuchte) ist der Einfluss von Blattdüngern auf den Kalium- Ernährungszustand der Pflanze marginal. Auf Mangelstandorten oder bei länger anhaltender Trockenheit kann über Fertigation (Kaliumsulfat, OPF) und per Blattdüngung durchaus eine Verbesserung der Fruchtgröße, -farbe und des Geschmacks (Säuregehalte) erzielt werden. Dazu muss der Einsatz von Kaliumblattdüngern mehrfach wiederholt werden, und zwar von Juni bis zur Ernte. Nach der Ernte können die Kaliumreserven mit Hilfe von Blattdüngern aufgefüllt werden. Der mehrfache Einsatz kalihaltiger Blattdünger bei Äpfeln kann bei anfälligen Sorten das Auftreten von Stippe verstärken, vor allem wenn die Applikationen unmittelbar vor der Ernte erfolgen. Bei anfälligen Sorten sollte daher entweder auf Kaliumblattdünger verzichtet werden, oder ein Wechsel mit calciumhaltigen Blattdüngern erfolgen. [Grafik 3]

GERHARD BAAB, DLR RHEINPFALZ
02641-978640
gerhard.baab@dlr.rlp.de

FOTOS: PC Fruit- St. Truiden

Auf eine ausgewogene Nährstoffversorgung kommt es an!

Die Düngung im ökologischen Obstbau als Dauerkultur stellt eine besondere Herausforderung dar, da zur optimalen Bestandsführung und -entwicklung hohe Anforderungen an den Verlauf der N-Freisetzung gestellt werden, und zugleich keine Möglichkeiten bestehen über die Fruchtfolgegestaltung z. B. die N-Versorgung der Kulturen zu beeinflussen. Ferner ist die Nährstoffzusammensetzung der Ernteprodukte immer gleich, so dass sehr viel stärker als auf Ackerflächen auf einen ausgewogenen Ausgleich aller Nährstoffe geachtet werden muss, um langfristig durch die Düngung keine einseitigen Nährstoffanreicherungen oder Nährstoffmängel zu induzieren.

Bei Stickstoff (N) ist auch der zeitliche Verlauf der N-Freisetzung von Bedeutung: Der höchste N-Bedarf besteht häufig im zeitigen Frühjahr wenn der Boden noch relativ kühl ist. Zugleich wird z. B. in Apfelanlagen angestrebt nach der Blüte nur eine geringe N-Nachlieferung zu erreichen, um einerseits das vegetative Wachstum von Apfelbäumen nicht einseitig zu fördern und damit den Baumbestand im Gleichgewicht zu halten. Anderseits kann z. B. bei Apfelanlagen eine zu starke N-Nachlieferung nach der Blüte zu einem schlechteren Ausfärben der Früchte, sowie durch eine Erhöhung des N / Ca-Verhältnisses insbesondere nach einer längeren Lagerung zu weicheren Früchten, die zugleich mehr Säure und geringere Zuckergehalte aufweisen, und damit zu einer insgesamt schlechteren Qualitätsbeurteilung führen.

Grundlagen der Düngung

Im ökologischen Obstanbau basiert die Düngung auf den Einsatz von organischen Grunddüngemitteln wie Wirtschaftsdünger oder Komposte und dem ergänzenden Einsatz von organischen und mineralischen Handelsdüngemitteln. Bei den organischen Handelsdüngemitteln handelt es sich meistens um Reststoffe aus der konventionellen Lebensmittelerzeugung wie z. B. Vinasse, Keratine, etc. Im ökologischen Landbau werden weltanschaulich eher Festmiste oder Komposte bevorzugt, der Einsatz von flüssigen Wirtschaftsdüngemitteln wie Gülle oder Gärprodukte sowie von organischen Handelsdüngemitteln aus der konventionellen Lebensmittelerzeugung wird zum Teil sehr kritisch diskutiert. Daher streben zahlreiche Betriebe eine Düngung auf Basis von Komposten an. Bei der praktischen Düngung sind diese eher politischen Rahmenbedingungen mit dem Nährstoffbedarf der Bestände in Einklang zu bringen. Grundlagen jeglicher Düngungsplanung sind daher:

- die Ergebnisse der Bodenanalysen,
- die spezifischen Anforderungen der Kulturpflanze (Verlauf der Nährstoffaufnahme, Nährstoffspektrum der abgeführten Biomasse), sowie
- die spezifischen Eigenschaften (Nährstoffspektrum, Freisetzung der Nährstoffe, etc.) der zur Verfügung stehenden organischen Grunddüngemittel wie Wirtschaftsdünger oder zugekaufte Komposte sowie die Eigenschaften der zur Verfügung stehenden organischen und mineralischen Handelsdüngemittel als Ergänzungsdüngemittel.

Eine gezielte Düngung ist nur möglich, wenn im Boden die Verfügbarkeit der Grundnährstoffe bekannt ist. Im ökologischen Landbau wird für die Grundnährstoffe Phosphor (P) und Kalium (K) die Gehaltsklasse B nach VDLUFA bzw. nach der Offizialberatung angestrebt, da einerseits im ökologischen Landbau von geringeren Nährstoffentzügen aufgrund eines niedrigeren Ertragsniveaus ausgegangen wird. Anderseits gelten die Werte der Offizialberatung selbst für konventionell bewirtschaftete Flächen als ohnehin zumeist überhöht.

Die Auswertung der Bodenanalysen von zahlreichen ökologisch bewirtschafteten Obstbauanlagen aus Baden-Württemberg zeigt, dass bei einem hohen Anteil der ausgewerteten Obstanlagen ein sehr hohes Versorgungsniveau für P, K und Magnesium (Mg) vorherrscht, und die pH-Werte der Bodenlösung häufig höher sind als von der Beratung empfohlen [Tab. 1]. Beim P kommt hinzu, dass die Standard-Boden-Analysemethoden wie die CAL-Extraktion einen Teil der organischen, aber kurzfristig dennoch pflanzenverfügbaren, Boden-P-Fraktionen bei der Messung nicht erfassen. Daher ist davon auszugehen, dass insbesondere langjährig ökologisch bewirtschaftete Standorte eine stärkere P-Überversorgung aufweisen als durch die Bodenanalyse ausgewiesen. Zu hohe Gehalte an P können nicht nur

Keratine:
Der Begriff Keratin ist ein Sammelbegriff für verschiedene wasserunlösliche Eiweiße, die von Tieren gebildet werden. Sie sind der Hauptbestandteil von Säugetierhaaren, Finger- und Zehennägeln, Krallen, Klauen, Hufen, Hörnern, Schnäbeln und Federn der Vögel, etc. Da Keratine im Hinblick auf Nährstoffspektrum und N-Freisetzung vergleichbare Eigenschaften besitzen, werden Horndünger, Haarmehl(pellets), Federmehle sowie Schafswolle im Beitrag unter dem Begriff „Keratine" zusammengefasst.