



13/ Düngung im Obstbau

Thomas Kuster¹, Othmar Eicher², Lucie Leumann³, Urs Müller⁴,
Jeanne Poulet⁵ und Reto Rutishauser³

¹ Agroscope, 8820 Wädenswil, Schweiz

² Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg, 5722 Gränichen, Schweiz

³ Ökohum, 8585 Herrenhof, Schweiz

⁴ BBZ Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg, 8268 Salenstein, Schweiz

⁵ Union fruitière lémanique, 1110 Morges, Schweiz

Auskünfte: thomas.kuster@agroscope.admin.ch

Inhalt

1. Einleitung.....	13/3
2. Berechnung der Düngungsnormen.....	13/3
2.1 Gesamtbeurteilung eines Standorts.....	13/3
2.2 Kulturbeobachtungen.....	13/3
2.3 Bodenanalysen.....	13/5
2.4 Beispiel zur Berechnung des Düngerbedarfs.....	13/7
2.5 Blattbeobachtungen.....	13/7
3. Nährstoffe und Düngung im Obstbau.....	13/9
3.1 Dynamik des Nährstoffbedarfs im Jahresverlauf.....	13/9
3.2 Stickstoff.....	13/10
3.3 Phosphor.....	13/10
3.4 Kalium.....	13/11
3.5 Calcium.....	13/11
3.6 Magnesium.....	13/12
3.7 Schwefel.....	13/12
3.8 Bor.....	13/12
3.9 Kupfer.....	13/13
3.10 Eisen und Mangan.....	13/13
3.11 Zink.....	13/13
4. Düngetechnik.....	13/14
4.1 Breitflächige oder lokale Düngung.....	13/14
4.2 Nachbau und Düngung von Junganlagen.....	13/14
4.3 Organische Dünger.....	13/15
4.4 Fertigation und Flüssigdünger.....	13/15
4.5 Blattdünger.....	13/16
4.6 Chelatdünger.....	13/17
4.7 Düngung der Feldobstbäume.....	13/17
4.8 Düngung im biologischen Obstbau.....	13/17
5. Literatur.....	13/18
6. Tabellenverzeichnis.....	13/19
7. Abbildungsverzeichnis.....	13/19

1. Einleitung

Dieses Modul bildet die Ausgangslage für eine nachhaltige Düngung im Obstbau und ist damit Grundlage für Betriebe, die nach Vorgaben des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) produzieren. Der Nährstoffbedarf (Norm) einer Obstanlage basiert im Wesentlichen auf dem Entzug von Nährstoffen durch die Ernte. Aufgrund von Kulturbeobachtungen und Bodenanalysen werden daraus Düngungsnormen abgeleitet und ein nachhaltiger Düngerplan erstellt. Dadurch kann einerseits ein Optimum an Fruchtqualität auf hohem Ertragsniveau unter Vermeidung der Alternanz und physiologischen Störungen erreicht werden, andererseits werden ökologische Belastungen (z.B. Nährstoffverluste durch Auswaschung) minimiert. Eine angepasste Düngerstrategie ist somit sowohl ökonomisch als auch ökologisch nachhaltig. Die abschließenden Richtlinien für eine nachhaltige Düngung in der integrierten Obstproduktion (IP) werden von der Schweizerischen Arbeitsgruppe für Integrierte Obstproduktion (SAIO) erstellt (Richtlinien für den ÖLN und die integrierte Obstproduktion in der Schweiz, SAIO 2017) und können vom Modul Düngung im Obstbau abweichen.

In Kapitel 2 sind Angaben zur Berechnung der Düngungsnormen anhand von Kulturbeobachtungen und Bodenanalysen zu finden. Informationen zu Nährstoffmangelsymptomen an Blättern und Blattanalysen ergänzen dieses Kapitel. In den Kapiteln 3 und 4 werden die Funktion der Nährstoffe und ihre Düngung in Obstkulturen diskutiert sowie Besonderheiten der Düngetechnik (Nachbau und Junganlagen, organische Dünger, Fertigation und Flüssigdünger, Blattdünger, Chelatdünger, Düngung von Feldobstbäumen und Düngung im biologischen Obstbau) besprochen. Die Korrekturfaktoren anhand von Bodenanalysen wurden harmonisiert und werden neu im allgemeinen Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen behandelt. Angaben zu Düngern sind im Modul 4/ Eigenschaften und Anwendung von Düngern enthalten. Die Düngung der Strauchbeeren ist neu im Modul 14/ Düngung von Beerenkulturen zu finden. Weitere inhaltliche Änderungen im Vergleich zur Vorgängerversion (Bertschinger *et al.* 2003): Für Magnesium (Mg) wurden die Düngungsnormen in Abhängigkeit des Ertrags erhöht (Tabelle 1), um das Risiko von Mg-Mangel aufgrund von Aufnahmekonkurrenz (Antagonismen) mit Kalium (K) und Calcium (Ca) zu reduzieren. Bei den Kulturbeobachtungen wurden die Korrekturfaktoren «Steinanteil» und «Beurteilung von physiologischen Störungen» gestrichen (Tabellen 3 und 5).

2. Berechnung der Düngungsnormen

2.1 Gesamtbeurteilung eines Standorts

Die Nährstoffbilanz einer Obstanlage wird vor allem durch den Nährstoffentzug der angebauten Kultur, aber auch durch die Witterung (Niederschlag, Temperatur) beeinflusst. Dadurch ist das Nährstoffangebot sehr variabel. Um trotzdem eine ausgewogene Düngerbilanz erstellen zu können, wird die Normdüngung für Phosphor (P), K und

Mg aufgrund des Ertrags (Kapitel 2.2.1), durch Beobachtungen der Kultur (Kapitel 2.2.2 und 2.2.3) sowie mittels Bodenuntersuchungen (Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen) korrigiert. Stickstoff (N) ist je nach Form im Boden sehr mobil, so dass eine Beurteilung anhand von Bodenanalysen schwierig ist. Korrekturen der Düngungsnorm werden bei N daher anhand des Ertrags und aufgrund von Kulturbeobachtungen durchgeführt.

Falls ein Standort Eigenschaften aufweist, die nicht durch Düngung, einfache Bewirtschaftungsänderungen oder Sanierungsmassnahmen innert weniger Jahre korrigiert werden können (z.B. pH-Wert oder hoher Kalkgehalt), so ist eine neue, standortgerechte Anlagenplanung oder ein allfälliger Wechsel der angebauten Kultur zu prüfen.

2.2 Kulturbeobachtungen

2.2.1 Nährstoffentzug durch Ernte

Nährstoffentzüge durch die Ernte der Früchte werden für eine ausgewogene Nährstoffbilanz mittels einer nachhaltigen Düngung ausgeglichen. Die Düngungsnorm ist daher abhängig vom Ertragsniveau und steigt mit zunehmender Ernte an (Tabelle 1). Schnittholz, Blätter und Ernterückstände verbleiben in der Regel in der Obstanlage, so dass die Nährstoffgehalte dieser Organe nicht zum Entzug gezählt werden (Tabelle 2). Die im Boden fixierten oder ausgewaschenen Nährstoffe werden durch die Korrekturen mittels Bodenanalysen berücksichtigt (Kapitel 2.3.2).

2.2.2 Korrektur der Düngungsnorm von N aufgrund von Kulturbeobachtungen

N ist der Nährstoff, der das Pflanzenwachstum und den Ertrag am stärksten beeinflusst. Da pflanzenverfügbare N im Boden sehr mobil und die Nachlieferung während der Vegetationszeit daher schwierig zu bestimmen ist, werden zur Berechnung der N-Düngung im Obstbau keine Bodenanalysen verwendet. Für die Korrektur der Düngungsnorm (kg/ha) werden daher Beobachtungen der Obstkultur während der Vegetationszeit (Jahrestrieb/Blattzustand, Triebabschluss, Blühstärke und Ertrag des Vorjahres) sowie die Wuchsstärke der Unterlage in Abhängigkeit der Bodentiefe und der Humusgehalt verwendet (Tabelle 3). Bei Kern- und Steinobstanlagen sind Korrekturen von maximal -45 bis +45 kg/ha zur Norm möglich. Bei Kiwi wird die N-Düngung nur aufgrund der Wuchsstärke und des Humusgehalts korrigiert (Tabelle 4).

2.2.3 Korrektur der Düngungsnorm von P, K und Mg aufgrund von Kulturbeobachtungen

Bei P, K und Mg wird die ertragsabhängige Düngungsnorm (Tabelle 1) sowohl mit Kulturbeobachtungen als auch mit Bodenanalysen korrigiert (Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen). Die Korrekturen (in Prozent) aufgrund von Kulturbeobachtungen beschränken sich bei P, K und Mg daher auf die Wuchsstärke der Unterlage in Abhängigkeit der Bodentiefe (ohne Kiwi) und auf den Humusgehalt (Tabelle 5). In kaliumreichen Böden sollte die

Tabelle 1 | Düngungsnormen (kg/ha) für Kern- und Steinobst sowie für Kiwi in Abhängigkeit des Ertrags.

Kultur	Ertrag (kg/m ²)	N	P ₂ O ₅	P	K ₂ O	K	Mg
Apfel, Birne	2,0	40	10	4,4	40	33,2	10
	3,0	50	15	6,5	60	49,8	20
	4,0	60	20	8,7	75	62,3	20
	5,0	70	25	10,9	90	74,7	30
	6,0	80	30	13,1	110	91,3	40
Kirsche	0,8	40	15	6,5	40	33,2	10
	1,2	60	20	8,7	50	41,5	20
	1,6	80	30	13,1	65	54,0	30
	2,0	100	40	17,4	80	66,4	40
Zwetschge	1,0	40	10	4,4	35	29,1	10
	1,5	60	15	6,5	50	41,5	15
	2,0	80	20	8,7	65	54,0	20
Aprikose	1,5	45	20	8,7	60	49,8	10
	2,0	60	25	10,9	75	62,3	20
	2,5	75	30	13,1	90	74,7	30
Pfirsich	1,5	45	10	4,4	45	37,4	10
	2,0	60	15	6,5	55	45,7	20
	2,5	75	20	8,7	70	58,1	30
Kiwi	1,5	45	10	4,4	60	49,8	10
	2,0	50	15	6,5	75	62,3	15
	2,5	65	20	8,7	90	74,7	20

Tabelle 2 | Jährlicher Nährstoffbedarf (kg/ha) verschiedener Organe von Apfelbäumen (Batjer et al. 1952) ¹.

	N	P ₂ O ₅	P	K ₂ O	K	Ca	Mg
Früchte (40 t/ha)	20,0	13,0	5,7	60,0	49,8	3,6	1,8
Blätter	43,0	6,5	2,8	54,5	45,2	70,1	16,3
Äste, Stamm, Wurzeln	15,5	8,5	3,7	15,0	12,5	37,2	2,1
Verschiedenes (Knospen, Fallholz)	10,5	3,0	1,3	15,5	12,9	2,9	0,9
Schnittholz	10,0	4,4	1,9	4,0	3,3	22,9	1,5
Obstanlage insgesamt	99,0	35,4	15,4	149,0	123,7	136,7	22,6

¹ Je nach Standort, Sorte und Anbausystem können die Nährstoffwerte variieren.

Tabelle 3 | Korrektur der N-Düngung für Kernobst und Steinobst (Korrekturwerte in kg/ha).

Jahrestrieb/Blattzustand	übermässig/gut:	-10	normal:	0	schwach/ärmlich:	+10
Triebabschluss	spät:	-5	normal:	0	früh:	+5
Blühstärke/Fruchtansatz	schwach:	-5	normal:	0	gross:	+5
Ertrag des Vorjahres	schwach:	-5	normal:	0	gross:	+5
Unterlage	Bodentiefe > 80 cm		Bodentiefe 40–80 cm		Bodentiefe < 40 cm	
sehr kräftig	-10		-5		0	
mittelkräftig	-5		0		+5	
schwach	0		+5		+10	
Humus ¹	erhöht:	-10	ausreichend:	0	gering:	+10

¹ Für die Einteilung des Humusgehalts (gering, ausreichend, erhöht) siehe Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen, Tabelle 3.

Tabelle 4 | Korrektur der N-Düngung für Kiwianlagen (Korrekturwerte in kg/ha).

Wuchs	übermässig:	-30	normal:	0	schwach:	+15
Humus ¹	erhöht:	-12	ausreichend:	0	gering:	+9

¹ Für die Einteilung des Humusgehalts (gering, ausreichend, erhöht) siehe Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen, Tabelle 3.

Tabelle 5 | Korrektur der P-, K- und Mg-Düngung für Kernobst, Steinobst und Kiwi (Korrekturwerte in Prozent).

	Kern- und Steinobst	Kiwi						
			Bodentiefe > 80 cm	Bodentiefe 40–80 cm		Bodentiefe < 40 cm		
Unterlage	X							
mittel bis kräftig			-10 %	0 %		+10 %		
schwach			0 %	0 %		+20 %		
Humus ¹	X	X	erhöht	-10 %	ausreichend	0 %	gering	+10 %

¹ Für die Einteilung des Humusgehalts (gering, ausreichend, erhöht) siehe Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen, Tabelle 3.

Tabelle 6 | Obligatorische und empfohlene Bodenuntersuchungen im Obstbau.

Notwendigkeit	Untersuchung	Häufigkeit
Minimalstandard ¹	P, K, Mg (H ₂ O ₁₀ - und AAE ₁₀ -Extrakte)	alle 5–10 Jahre ²
	organische Substanz (Schätzung Farbskala)	alle 5–10 Jahre ²
	pH(H ₂ O)-Wert	alle 5–10 Jahre ²
	Körnung/Tongehalt (Fühlprobe)	einmalig
empfehlenswert ³	Spurenelemente (B, Fe, Mn, Zn)	alle 5–10 Jahre ²
	organische Substanz (analytisch)	alle 5–10 Jahre ²
	Körnung/Tongehalt (analytisch)	einmalig
	Kationenumtauschkapazität	einmalig
	Basensättigung	einmalig

¹ Für ÖLN-Betriebe sind die Anforderungen in der Direktzahlungsverordnung (BLW 2016) bzw. den SAIO-Richtlinien massgebend (SAIO 2017).

² Häufiger in Erwerbsanlagen mit Kultur- und Qualitätsschwierigkeiten.

³ Weitere Untersuchungsmöglichkeiten für Standortbeurteilung, empfehlenswert vor allem bei Neuanlagen und Kulturschwierigkeiten.

Mg-Düngung mindestens 20 kg/ha betragen (siehe Kapitel 2.3.2).

2.3 Bodenanalysen

Die Bodenbeprobung und die Berechnung der Korrekturfaktoren anhand von Bodenuntersuchungen werden ausführlich im Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen erläutert. In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten Grundlagen zusammengefasst und obstbauspezifische Aspekte angesprochen.

2.3.1 Probennahme bei Bodenuntersuchungen

Nährstoffverfügbarkeit (P, K, Mg), pH-Wert und Humusgehalt werden im Oberboden (2–25 cm) in der Regel alle fünf Jahre, spätestens jedoch alle zehn Jahre erhoben (Tabelle 6). Bodeneigenschaften, die nicht durch die Bewirtschaftung verändert werden (Körnung, Kationenumtauschkapazität), müssen nur einmalig bestimmt werden. Da Obstbäume vor allem im Oberboden wurzeln, kann in der Regel auf Untersuchungen des Unterbodens (25–50 cm) verzichtet werden. Bei Neuanlagen, Mangelerscheinungen, Kulturschwierigkeiten und Bodenmeliorationen sollten Bodenanalysen jedoch sowohl im Ober-, als auch im Unterboden in jeweils kurzen Zeitabständen durchgeführt werden, um Fehlentwicklungen frühzeitig erkennen zu können.

Bei der Beprobung werden 12–20 Proben auf der Diagonalen der Parzelle entnommen (Abbildungen 1 und 2; Agro-

scope 1996). Die einzelnen Einstiche müssen für die Parzelle respektive für den untersuchten Sektor repräsentativ sein (maximal 3 ha pro Analyse). Wird die Düngung durch Tropfenbewässerung (Kapitel 4.4) oder mit der Düngelanze (Kapitel 4.7) vorgenommen, so ist die Repräsentativität von zwölf Einstichen nicht gewährleistet. Es wird in diesen Fällen empfohlen, die Anzahl der Einstiche für die Mischprobe mindestens zu verdoppeln. Wird nur der Baumstreifen gedüngt (Kapitel 4.1), oder sind die Baumstreifen als Querterrassen angelegt, so dürfen Bodenproben nur im Baumstreifen genommen werden (Abbildung 1). Bei Obstkulturen ist eine Bodenbeprobung zwischen August und November ideal.

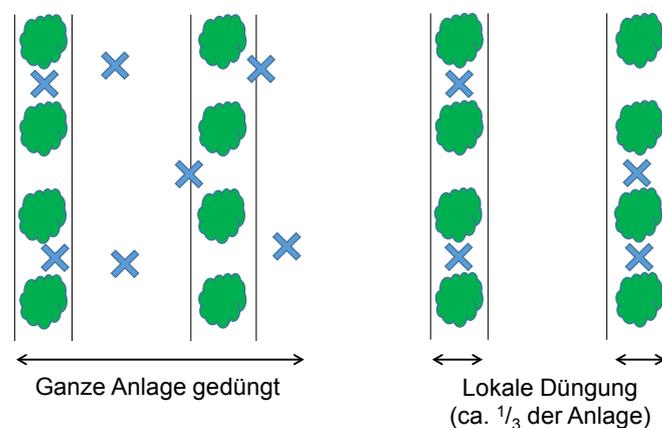


Abbildung 1 | Schema für die Entnahme von Bodenproben (x), wenn die ganze Obstanlage (links) oder nur lokal auf Terrassen oder Baumstreifen gedüngt wird (rechts).



Abbildung 2 | Pro Parzelle werden mit einem Bodenbohrer 12–20 repräsentative Proben in Tiefen von 2–25 cm und 25–50 cm entnommen (Fotos: Andreas Naef, Agroscope).

2.3.2 Korrektur der Düngungsnorm von P, K und Mg aufgrund von Bodenanalysen

Die Nährstoffkonzentrationen von P, K und Mg im Boden werden mit zwei verschiedenen Extraktionsmitteln bestimmt: Mittels Wasserextraktion (H₂O10) werden verfügbare Nährstoffe extrahiert (Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen, Tabellen 13–15), währenddem mit der Ammoniumacetat-EDTA(AAE10)-Extraktion auch stärker gebundene Nährstoffe gelöst werden (Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen, Tabellen 16–18). Für die Nährstoffkonzentrationen in den beiden Extrakten werden in Abhängigkeit des Ton- und Humusgehalts Korrekturfaktoren festgelegt. Diese werden einer Versorgungs-kategorie von A (arm) bis E (sehr reich) zugeordnet. Bei der Berechnung des Gesamtkorrekturfaktors aufgrund der Bodenanalysen werden die Resultate der AAE10-Methode doppelt, diejenigen der H₂O10-Methode einfach gewichtet:

$$\text{Gesamtkorrekturfaktor} = (2 \times \text{Faktor AAE10-Extrakt} + 1 \times \text{Faktor H}_2\text{O10-Extrakt}) : 3$$

Der Gesamtkorrekturfaktor wird anschliessend mit der Korrektur aufgrund von Kulturbeobachtungen (Kapitel 2.2.3) zusammengezählt und die Summe mit der Düngungsnorm (Tabelle 1) multipliziert, um den Düngerbedarf für P, K und Mg zu berechnen (siehe auch Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen, Kapitel 4.5). Ein Beispiel zur Berechnung der Düngergaben ist in Tabelle 7 aufgeführt. Wenn sich zwischen den Korrekturfaktoren des AAE10- und des H₂O10-Extrakts eine Differenz von mehr als zwei Versorgungsstufen (A bis E) ergibt, so ist zur Interpretation der Bezug eines Experten erforderlich, da einer der beiden Extrakte wahrscheinlich fehlerhaft ist. Die AAE10-Extraktion ist für P und Mg nur für kalkfreie Böden mit pH < 6,8 oder AAE10-Ca < 4000 mg/kg geeignet (Stünzi 2006). Bei pH-Werten zwischen 6,8 und 7,8 wird daher für P und Mg nur die H₂O10-Extraktion für die Berechnung des Korrekturfaktors verwendet. Für Böden mit pH > 7,8 liegt kein P-Interpretationsschema vor, da durch die reduzierte P-Löslichkeit, insbesondere bei grossem Ca-Überschuss, die tatsächliche P-Verfügbarkeit besser sein kann, als dies die Resultate der Messung im H₂O10-Extrakt wiedergeben. Für die Interpretation dieser Analyseresultate sollten Experten beigezogen werden. Die Resultate der Bodenanalysen sind allenfalls mit Blattanalysen zu verifizieren.

In Böden mit einem ungünstigen K:Mg-Verhältnis (K in Versorgungsklassen D und E, Mg in Versorgungsklassen A bis C) besteht im Obstbau die Gefahr von Antagonismen zwischen K und Mg (Kapitel 3.6). In einem solchen Fall sollte die jährliche Zugabe von Mg mindestens 20 kg/ha betragen. In alkalischen Böden (ab ca. pH 7,5) steht Mg auch mit Ca in Aufnahmekonkurrenz: Die Aufnahme von Mg über die Wurzel ist aufgrund der hohen Ca-Konzentration im Boden so stark reduziert, dass eine zusätzliche Mg-Bodendüngung keine Abhilfe schafft. In diesem Fall sollte die Mg-Düngung verstärkt mit chelatisierten Düngern (neutrale Ladung), respektive über das Blatt erfolgen.

2.3.3 Humusgehalt

Der Humusgehalt eines Bodens wird einerseits für die Berechnung der Korrekturfaktoren verwendet (Tabellen 3–5). Andererseits sollte der Humusgehalt auch aufgrund seines Einflusses auf bodenphysikalische und -biologische Eigenschaften regelmässig überprüft werden. Der Humusgehalt sollte, abhängig vom Tongehalt des Bodens, in der Kategorie «genügend» liegen (Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen, Tabelle 3). Böden mit mehr als 5 % Humus sind im Obstbau selten. Bei ungenügendem Humusgehalt ist eine Beeinflussung mit Bewirtschaftungsmassnahmen zu prüfen, um eine gesunde Bodenaktivität zu erhalten (Kapitel 4.3). Änderungen des Humusgehalts eines Bodens sind in der Regel jedoch nur sehr langsam möglich.

2.3.4 pH-Wert

Vom pH-Wert hängen die biologische Aktivität des Bodens sowie die Verfügbarkeit der meisten Nährstoffe ab (Scheffer *et al.* 2010). Jede abrupte Veränderung des pH-Wertes, zum Beispiel durch eine übermässige Kalkgabe, ist daher zu vermeiden. Im Obstbau ist ein pH-Wert zwischen 6,0 und 7,5 ideal. Eine Erhöhung des pH-Wertes kann über eine Kalkung erfolgen (Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen und Kapitel 2.3.5). Eine Absenkung des pH-Wertes, zum Beispiel durch den Einsatz saurer Dünger, ist aufgrund der starken Pufferwirkung von Kalk schwierig.

2.3.5 Calciumdüngung und Kalkung

Eine allfällige Kalkung des Bodens wird aufgrund der Tabelle 22 im Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen in Abhängigkeit des pH-Werts und des Tongehalts bestimmt. Im Obstbau wird ein pH-Wert zwischen 6,0 und 7,5 als ideal angesehen, so dass eine Kalkung vor allem bei Böden mit einem pH < 5,9 in Betracht zu ziehen ist. Bei einem pH-Wert zwischen 5,9 und 6,5 und einer Unterversorgung mit Ca werden vorzugsweise kalkhaltige Dünger verwendet. Da eine zu hohe Ca-Konzentration im Boden zu Aufnahmekonkurrenz mit anderen Nährstoffen (Antagonismus) führt, ist die Notwendigkeit einer Kalkgabe in Form von Calciumoxid (CaO) respektive eine Ca-Düngung für jeden Standort abzuwägen. Eine übermässige Kalkgabe ist in jedem Fall zu vermeiden.

Für Aufkalkungen sind grössere Kalkmengen erforderlich, die aufgrund der Basensättigung und der Kationenaustauschkapazität berechnet werden (Tabelle 24 in Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen). Für die Berechnung einer Aufkalkung sollte ein Experte beigezogen werden.

2.4 Beispiel zur Berechnung des Düngerbedarfs

Das fiktive Beispiel einer Apfelanlage mit 4 kg/m² Frucht-ertrag in Tabelle 7 soll helfen, die Berechnung der korrigierten Normdüngung aufgrund von Kultur- und Bodenbeobachtungen nachvollziehen zu können.

2.5 Blattbeobachtungen

Mittels Blattanalysen und Beobachtungen von Nährstoffmangelsymptomen an Blättern kann der Ernährungszustand (latente Mängel z. B. nach Nässe- oder Trockenereignissen oder wegen Antagonismen zwischen Nährstoffen) einer Obstanlage während der Vegetationsperiode erfasst werden. Blattuntersuchungen können Bodenanalysen zwar ergänzen, bei der Berechnung der korrigierten Düngungsnormen können sie jedoch nicht verwendet werden.

2.5.1 Blattanalysen

Als Richtlinie sollten pro Analyse hundert Blätter inklusive Blattstiel jeweils in der Mitte eines Jahrestriebes entnom-

Tabelle 7 | Beispiel einer Berechnung des Düngerbedarfs (kg/ha) für eine fiktive Apfelanlage im Vollertrag.

		Tabelle	N	P ₂ O ₅	P	K ₂ O	K	Mg
Boden	Korrekturfaktor H ₂ O ₁₀ -Extrakt ¹	13–15 ³		1,4	1,4	0,6	0,6	1,4
	Korrekturfaktor AAE10-Extrakt ²	16–18 ³		1,0	1,0	0,4	0,4	1,4
	Gesamtkorrekturfaktor Boden ⁴			1,1	1,1	0,5	0,5	1,4
Kulturbeobachtungen	Jahrestrieb / Blattzustand: normal	3	+ 0					
	Triebabschluss: früh	3	+ 5					
	Blühstärke / Fruchtansatz: schwach	3	– 5					
	Ertrag des Vorjahres: normal	3	+ 0					
	Unterlage / Bodentiefe: schwach, Tiefe < 40 cm	3 & 5	+ 10	+ 20 %	+ 20 %	+ 20 %	+ 20 %	+ 20 %
	Humus (4,1 % bei 22 % Tongehalt: erhöht)	3 & 5	– 10	– 10 %	– 10 %	– 10 %	– 10 %	– 10 %
	Summe Korrekturen Kulturbeobachtungen		+ 0	+ 10 %	+ 10 %	+ 10 %	+ 10 %	+ 10 %
Düngungs-norm	Düngungsnorm, Ertrag Äpfel: 4 kg/m ²	1	60,0	20,0	8,7	75,0	62,3	20,0
	Korrektur Boden			110 %	110 %	50 %	50 %	140 %
	Korrektur Kulturbeobachtungen		+ 0	+ 10 %	+ 10 %	+ 10 %	+ 10 %	+ 10 %
	Summe Korrekturen Boden und Kultur		+ 0	120 %	120 %	60 %	60 %	150 %
	Korrigierte Düngungsnorm⁵		60,0	24,0	10,4	45,0	37,4	30,0

¹ Nährstoffe im H₂O₁₀-Extrakt: 3 mg P/kg, 55 mg K/kg, 7 mg Mg/kg; Tongehalt: 22 %.

² Nährstoffe im AAE10-Extrakt: 46 mg P/kg, 330 mg K/kg, 40 mg Mg/kg; Tongehalt: 22 %.

³ Im Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen.

⁴ Berechnung: (2 x Faktor AAE10-Extrakt + 1 x Faktor H₂O₁₀-Extrakt): 3, Wert anschliessend auf eine Kommastelle runden.

⁵ Wird der Dünger nur lokal auf dem Baumstreifen ausgebracht, so wird empfohlen, die N-Gabe pro Hektare um ein Drittel zu reduzieren, was lokal der doppelten Norm entspricht. Bei allen anderen Nährstoffen kann die ganze Menge im Baumstreifen ausgebracht werden (lokal: dreifache Menge der Norm), siehe Kapitel 4.1.

men werden (Abbildung 3). Jedes Blatt sollte dabei bezüglich Grösse, Farbe und Neigung (ca. 30 Grad) repräsentativ für den Baum, respektive für die Obstanlage sein. Pro Baum sollten höchstens zwei Blätter entnommen werden. Blätter verschiedener Sorten dürfen nicht gemischt werden. Nach starken Niederschlägen, intensiver Beregnung und nach Blattdüngungen dürfen keine Proben entnommen werden. Die Blattproben werden in einem gelochten Tiefkühlbeutel aufbewahrt und so bald wie möglich (spätestens drei Tage nach der Beprobung) an das Labor verschickt. Die Blattproben dürfen nicht tiefgekühlt werden. Um Verzögerungen beim Versand respektive der Analyse der Blattproben zu vermeiden, sollten Einsendungen frühzeitig beim Labor angekündigt werden.

Die Konzentration der Nährstoffe in den Blättern ist eine Momentaufnahme und hängt stark vom Entwicklungssta-

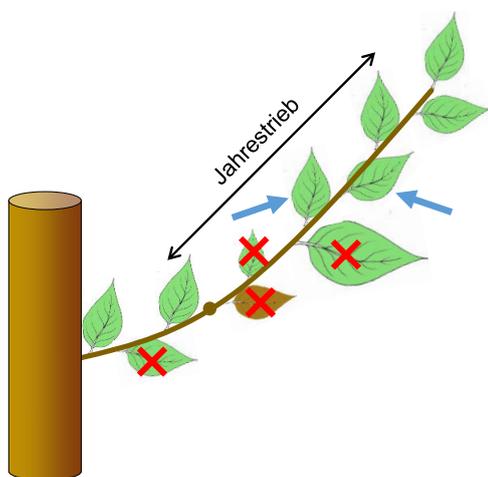


Abbildung 3 | Für die Blattanalyse werden pro Baum maximal zwei Blätter jeweils in der Mitte eines Jahrestriebs entnommen (→). Blätter, die bezüglich Grösse, Farbe und Neigung nicht repräsentativ für den Baum respektive für die Obstanlage sind, dürfen nicht verwendet werden (X).

dium des Blattes (Blattalter), von der Witterung, vom Triebwachstum, vom Fruchtbehang, vom Baumalter, von der Bodenpflege, von Pflanzenschutzbehandlungen und von der Sorte ab, was eine Interpretation der Resultate erschwert (Baab 2004). Im Frühling, das heisst mit dem Austrieb der Blätter, werden die meisten Nährstoffe aus den eingelagerten Reserven mobilisiert. Mit zunehmendem Triebwachstum werden diese Reservenährstoffe laufend durch Nährstoffe aus dem Boden ersetzt. Daher schwanken die Nährstoffkonzentrationen in den Blättern zu Beginn der Vegetationsperiode stark. Eine repräsentative Beurteilung der Nährstoffversorgung aufgrund von Blattanalysen ist zu diesem Zeitpunkt schwierig (Tabelle 8). Ab Ende Juli bis Anfang August sind die Nährstoffkonzentrationen in den Blättern relativ konstant und können daher verlässlich über die Nährstoffsituation Auskunft geben (Tabelle 9). Ernährungsstörungen können zu diesem Zeitpunkt jedoch nur im Hinblick auf die nächste Vegetationsperiode korrigiert werden (Aufdüngung des Bodens, Einlagerung von Nährstoffen ins Holz). In der Praxis besteht daher, trotz Unsicherheiten und Schwankungen der Nährstoffkonzentrationen, ein Trend zu frühen Blattanalysen.

Die Referenzwerte der Blattanalysen (Tabellen 8 und 9) enthalten Richtwerte für einen mittleren Optimalbereich. Diese Optimalwerte können jedoch je nach Sorte variieren, so dass die Interpretation nicht nach einem starren Schema erfolgt. Weiter hat sich gezeigt, dass der Optimalbereich von Versuchsanstalten und Labors im In- und Ausland unterschiedlich gesetzt wurde, unter anderem auch wegen verschiedenen Bestimmungsmethoden und Unterschieden in der Kulturführung. Für die Interpretation der Analyseresultate sollten daher Spezialisten (kantonale Berater, Labors) beigezogen werden. In jedem Fall empfiehlt sich die Entwicklung der Nährstoffwerte in den Blättern über mehrere Jahre zu verfolgen, um die Wirkung einer Düngermassnahme nachvollziehen und Jahresschwankungen ausgleichen zu können. Dabei ist es äusserst wichtig,

Tabelle 8 | Referenzwerte der Blattanalyse im Obstbau Mitte Juni. Die Werte sind in Prozent respektive in mg/kg der Trockensubstanz angegeben.

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	B (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Apfel	2,60–3,20	0,20–0,40	1,10–1,50	0,80–2,00	0,23–0,50	30–100	8–25	50–150	50–150	30–100
Birne	2,70–3,50	0,20–0,50	1,50–2,50	0,90–2,00	0,25–0,50	30–100	8–25	50–150	50–200	25–100

Quelle: Pcfruit, St. Truiden, publiziert in Baab (2004).

Tabelle 9 | Referenzwerte der Blattanalyse im Obstbau im Juli/August (75–105 Tage nach der Vollblüte). Die Werte sind in Prozent respektive in mg/kg der Trockensubstanz angegeben.

	N (%) ¹	P (%) ¹	K (%) ¹	Ca (%) ¹	Mg (%) ¹	B (mg/kg) ²	Cu (mg/kg) ²	Fe (mg/kg) ²	Mn (mg/kg) ²	Zn (mg/kg) ²
Apfel	2,13–2,51	0,19–0,22	1,57–1,89	1,25–1,59	0,23–0,28	25–50	5–15	40–200	60–300	25–70
Birne	1,87–2,71	0,15–0,23	1,06–1,81	1,43–2,09	0,29–0,41	25–80	5–15	50–200	60–300	22–60
Zwetschge	2,26–2,74	0,15–0,24	2,03–2,57	1,96–2,54	0,31–0,39	keine Angaben				
Kirsche	2,17–2,63	0,17–0,22	2,03–2,57	1,65–2,15	0,26–0,34	keine Angaben				
Aprikose	2,40–2,80	0,16–0,21	2,58–3,14	1,90–2,46	0,35–0,49	keine Angaben				
Pfirsich	3,18–3,86	0,19–0,24	2,46–3,12	2,08–2,70	0,41–0,53	keine Angaben				

Quellen: ¹ Bertschinger et al. (2003), ² Pcfruit, St. Truiden, publiziert in Baab (2004).

Blattproben immer zum gleichen Zeitpunkt respektive beim gleichen Entwicklungsstadium zu nehmen. Referenzwerte für weitere Zeitpunkte (Mai: Analyse der Rosettenblätter, September: Angaben für Nährstoffrückzug) können in Baab (2004) nachgeschlagen werden. Weiterführende Informationen zu Blattanalysen sind auch in Bergmann (1993) zu finden.

2.5.2 Nährstoffmangelsymptome an Blättern

Ein akuter Mangel an Nährstoffen kann sich in der Blattfärbung zeigen. Nährstoffmangelsymptome an Blättern können damit einen ersten Eindruck geben, welche Nährstoffe nur mangelhaft verfügbar sind respektive aufgenommen wurden. Die Interpretation von Nährstoffmangelsymptomen an Blättern benötigt jedoch Erfahrung, so dass zu ihrer Beurteilung ein Experte beigezogen werden sollte. Mangelsymptome der wichtigsten Nährstoffe werden in Kapitel 3 beschrieben.

Wenn deutliche Nährstoffmangelsymptome sichtbar sind, so kann nicht mehr in der gleichen Vegetationsperiode korrigierend eingegriffen werden. Über eine Aufdüngung des Bodens respektive über die Einlagerung von Nährstoffen ins Holz können aber gute Voraussetzungen für das Folgejahr erreicht werden.

3. Nährstoffe und Düngung im Obstbau

Um qualitativ hochstehende Früchte auf einem hohen Ertragsniveau zu produzieren, müssen alle Nährstoffe zum richtigen Zeitpunkt in ausreichender Menge und im richtigen Verhältnis zueinander verfügbar sein. Bei einem Nährstoffmangel, Nährstoffüberschuss sowie bei Nährstoffungleichgewichten kann es zu Mangelerscheinungen und zu physiologischen Störungen (Fruchtreifung, Alternanz, vegetatives statt generatives Wachstum, Minderung der Fruchtqualität) kommen.

Bei Problemen mit der Nährstoffversorgung ist die Düngung nicht die einzige Möglichkeit, um das physiologische Gleichgewicht der Bäume zu beeinflussen: Der Baumschnitt, die Ausdünnung, die Bewässerungstechnik oder die Bodenpflege können das Wachstum der Bäume und damit den Nährstoffbedarf ebenfalls positiv beeinflussen. Weiter kann die Sorten-/Unterlagenkombination nicht dem Boden oder dem Klima angepasst sein, so dass langfristig eine Änderung der angebauten Kultur zu prüfen ist.

3.1 Dynamik des Nährstoffbedarfs im Jahresverlauf

Der Bedarf einer Obstanlage an Nährstoffen ist abhängig von der Jahreszeit. Um bedarfsgerecht düngen zu können,

Tabelle 10 | Beprobung sowie Boden- und Blattdüngung im Jahresverlauf bei Stein- (StO) und Kernobst (KO).¹

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	Winterruhe	Austrieb	Blüte	Fruchtbildung / Ernte Steinobst			Ernte Kernobst		Winterruhe			
Beprobung												
Bodendünger												
org. Dünger												
N			mehrere Gaben									
P												
K												
Ca/Kalkung												
Mg		Chelat ²										
B			Chelat ²									
Fe			Chelat ²									
Mn			Chelat ²									
Blattdünger ³												
N							StO		KO			
Ca												
Mg												
B												
Fe												
Mn												
Zn							StO		KO			

¹ Dunkle Balken: bevorzugter Ausbringungszeitpunkt, helle Balken: weitere Zeitpunkte auf Problemstandorten und bei Schwierigkeiten bei der Kulturführung. Je nach Standort (Klima, Boden), Witterung und Kulturführung (Obstart, Sorte) muss der Zeitplan an lokale Gegebenheiten angepasst werden. Der Einsatz von Blattdüngern und kalkhaltigen Düngern ist nicht in jedem Fall sinnvoll.

² Die Hälfte der Düngermenge im Frühjahr ausbringen, den Rest über 6–12 Wochen auf mehrere Gaben verteilen. Chelatdünger können mit dem Herbizidbalken im Baumstreifen ausgebracht werden. Bei Mischung mit Herbiziden sind die Gebrauchsanweisungen zu prüfen.

³ Nur auf Standorten mit Schwierigkeiten bei der Nährstoffversorgung und/oder Kulturführung.

ist es daher wichtig, die Wachstumsprozesse und Nährstoffbedürfnisse der Obstbäume zu kennen. Im Frühjahr benötigt der Baum viele Nährstoffe, um das Wachstum der Wurzeln, Blätter und Blüten sicherzustellen. Dieses Wachstum erfolgt aufgrund der fehlenden oder nur geringen Blattmasse und der geringen Verfügbarkeit an Nährstoffen im noch kalten Boden aus den Reserven, die im Vorjahr im Holz der Äste, des Stammes und der Wurzeln eingelagert wurden. Die Bodendüngung erfolgt daher in der Regel im Frühjahr (Tabelle 10), zur Zeit eines tiefen Nährstoffangebots im Boden, aber eines hohen Bedarfs durch die Obstbäume.

Der ideale Zeitpunkt einer N-Düngung ist vom Tongehalt eines Bodens (Mobilität von N im Boden) abhängig: Bei tonreichen Böden erfolgt die N-Düngung ab Anfang März, bei tonarmen Böden kurz vor der Blüte (Ende März/Anfang April, Tabelle 10). In jedem Fall sollte die N-Düngung auf zwei bis drei Gaben vor (März/April) und nach der Blüte (Mai/Anfang Juli) aufgeteilt werden (maximal 40 kg N/ha pro Einzelgabe), um eine Auswaschung der Nährstoffe, insbesondere von Nitrat, zu vermeiden (siehe Modul 7/ Düngung und Umwelt). Organische Düngemittel sind weniger rasch verfügbar und haben daher eine längere Wirksamkeit, d.h. die Nährstoffe werden weniger schnell ausgewaschen (siehe Kapitel 4.3). Eine zu späte N-Düngung (ab Juli) verzögert den Triebabschluss und die Holzreife, was zu einer tieferen Frostresistenz führt. Im Feldobstbau sollte daher die letzte Güllegabe vor Anfang Juli ausgebracht werden.

P, K und Mg sind im Boden weniger mobil als N, so dass diese Nährstoffe bereits während der Vegetationsruhe (ab Februar/März; Einschränkungen siehe Modul 7/ Düngung und Umwelt) in einer Gabe zugegeben werden können. Falls nur geringe P- und K-Mengen gedüngt werden müssen, so genügt es, alle zwei Jahre mit jeweils der doppelten Menge zu düngen. In ton- oder kalkreichen Böden sowie in Böden mit hohen Konzentrationen an Eisen- und Aluminiumoxiden jedoch wird P bei einer zu frühen Düngung in der Bodenschicht gebunden und ist nur kurzzeitig pflanzenverfügbar.

Durch die steigenden Temperaturen werden im Laufe des Frühjahrs immer mehr Nährstoffe, insbesondere N, aus der organischen Substanz mobilisiert, so dass ab Mai bis Juni die Reserven aus dem Holzkörper und die Bodendüngung nach und nach an Wichtigkeit verlieren. Nach der Blüte kann auf Problemstandorten die Fruchtbildung mit Blattdüngern unterstützt werden, falls die Nährstoffaufnahme durch die Wurzeln nicht ausreicht (Kapitel 4.5). Die aufgenommene Nährstoffmenge über das Blatt ist in der Regel jedoch gering. Im Herbst ziehen die Bäume Nährstoffe aus den Blättern zurück und die Reserven im Holzkörper werden angelegt.

3.2 Stickstoff

N ist im Obstbau als Baustein organischer Verbindungen (Aminosäuren, Nukleinsäuren und Eiweissstoffe) und als Bestandteil von Chlorophyll der wichtigste Nährstoff. Eine

Über- oder Unterversorgung mit N stört das physiologische Gleichgewicht der Bäume und führt zu einem ungünstigen Verhältnis von vegetativem zu generativem Wachstum oder zu Qualitätseinbußen bei Früchten. N-Mangel, der vor allem bei Düngungsfehlern oder ausbleibender N-Mobilisierung auftritt, reduziert die Photosyntheseleistung, erhöht die Anfälligkeit gegenüber Trockenheit, setzt das vegetative Wachstum herab, verfrüht den Triebabschluss und beeinträchtigt die Blütenknospenbildung. In der Folge bleiben die Früchte aufgrund der schlechten Versorgung klein, und es besteht die Gefahr einer Alternanz. Bei N-Mangel verfärbt sich die Blattoberfläche zuerst gelbgrün bis gelb (helle Blattspalten), später werden die Blattspitzen orange bis rot-violett. Die herbstliche Verfärbung tritt vorzeitig ein.

Bei N-Überschuss wird ein verstärktes Triebwachstum ausgelöst, das erst spät abgeschlossen wird. Dadurch reifen die Früchte langsamer, färben weniger aus und sind anfälliger gegenüber physiologischen Störungen (Stippe, Kernhausfäule, Glasigkeit, Fleischbräune), so dass die Qualität und die Lagerfähigkeit der Früchte bei N-Überschuss abnehmen. Weiter sind betroffene Obstbäume durch den verspäteten Abschluss des Triebwachstums anfälliger für Frostschäden.

Die N-Düngung wird vor allem in den Monaten März bis Mai durchgeführt (Tabelle 10), das heisst, wenn der Bedarf an N am höchsten und die Aktivität im Boden noch tief ist. Aufgrund der hohen Mobilität von N und der Gefahr der Auswaschung ist die zu düngende N-Menge auf zwei bis drei Gaben bis Anfang Juli aufzuteilen. Weiterführende Informationen: Baab (2009h).

3.3 Phosphor

P ist ein Bestandteil der Photosynthese und der Atmung sowie ein Baustein der Erbinformation (DNS) und somit an allen vegetativen und generativen Stoffwechselfvorgängen beteiligt. Weiter ist P wichtig für die Aufrechterhal-



Abbildung 4 | Phosphormangel: lichtetes Blattwerk mit kleinen, hellgrünen Blättern mit rötlichen Blattadern und halbmondförmigen Randnekrosen an älteren Blättern. Ab zweiter Vegetationshälfte stumpfgrüne, bronzefarbene oder rotviolette Blätter, die lederartig und brüchig werden. Steinobst: starr aufgerichtete, spitze, lanzettenartig verformte, purpur-bronzefarben gefleckte Blätter (Foto: Tom Deckers, Pcfruit, St. Truiden).

tung der Zellstruktur, den Aufbau von Eiweissen und Kohlenhydraten sowie für die Zellteilung und den Transport von Assimilaten, so dass bei P-Mangel (Abbildung 4) Wachstumsstörungen auftreten können. Weiter kann ein reduzierter Blüten- beziehungsweise Fruchtansatz die Folge von P-Mangel sein. P-Mangel tritt vor allem auf kalten, trockenen, verdichteten, flachgründigen, humusarmen Böden mit geringer mikrobiologischer Aktivität oder bei pH-Werten $< 5,5$ oder $> 7,0$ auf. Daher sind Massnahmen zur Bodenverbesserung (Bodenaktivität, Durchwurzelung des Bodens) ebenso wichtig wie eine jährliche P-Düngung. Aufgrund der schnellen Bindung im Boden sollte P regelmässig sowie im Frühling statt im Herbst gedüngt werden (Tabelle 10). P-Überschuss kann zu Mangelsymptomen bei anderen Nährstoffen führen, tritt aber nur selten auf. Weiterführende Information: Baab (2009b).

3.4 Kalium

K reguliert den Wasserhaushalt der Pflanze, aktiviert Enzyme und ist unter anderem an der Photosynthese und am Aufbau und Transport von Stoffwechselprodukten und Reservestoffen beteiligt. K-Mangel (Abbildung 5) reduziert daher das Wachstum sowie die Menge und Qualität der Früchte (kleine, schlecht ausgefärbte Früchte ohne Aroma). Die Lagerfähigkeit kann bei K-Mangel ebenfalls reduziert sein. Weiter ist eine optimale K-Versorgung wichtig für die Widerstandsfähigkeit gegenüber Stressfaktoren wie Trockenheit, Frost oder Krankheiten. Zu hohe K-Konzentrationen im Boden verursachen ungünstige K:Ca- oder K:Mg-Verhältnisse, so dass bei K-Überschuss die Gefahr von physiologischen Störungen mit entsprechenden Einbussen der Fruchtqualität besteht. Weiter kann ein K-Überschuss die Fruchtreife verzögern.

Die K-Düngung erfolgt in der Regel mit sulfathaltigen Kalidüngern im Frühling (Tabelle 10). Der Einsatz von organischem Dünger kann bei Standorten mit Problemen mit der K-Versorgung empfehlenswert sein. Mittels kaliumhaltigen Düngern via Fertigation (Düngung via Bewässerungssystem, Kapitel 4.4) von Mitte Juni bis Mitte August kann eine Verbesserung der Fruchtqualität erzielt werden. K-



Abbildung 5 | Bei Kaliummangel entwickeln sich an den ältesten Blättern Nekrosen entlang der Blattspitzen und später an den Blatträndern (Blattrandnekrosen). Kirschen: blaugrüne Blätter, die sich parallel der Mittelrippe aufrollen. Zwetschgen: braune Blattrandnekrosen (Foto: Tom Deckers, Pcfruit, St. Truiden).

Mangel kann auch durch eine Überversorgung mit N entstehen, was jedoch selten ist. Weiterführende Informationen: Baab (2009a).

3.5 Calcium

Ca ist einerseits ein wichtiger Baustein für die Stabilität von Zellwänden, andererseits ist Ca an den Reifeprozessen der Früchte beteiligt. Bei Ca-Mangel (Abbildung 6) treten daher Störungen auf, die zu physiologischen Erkrankungen führen (Stippe, Fleischbräune, vorzeitige Reife) und somit die Lagerfähigkeit der Früchte reduzieren. Ca-Mangel hemmt das Wurzelwachstum, was wiederum negative Auswirkungen auf die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen hat. Ca-Überschuss führt durch Aufnahmekonkurrenz (Antagonismus) zu Mangel anderer Nährstoffe.



Abbildung 6 | Bei Calciummangel entstehen ab dem Frühsommer Aufhellungen an den Blattspitzen, später Chlorosen, teils chlorotische Sprenkelungen bis hin zu Blattspitzennekrosen (Foto oben: Albert Widmer, Agroscope; unten: Jeanne Poulet, Union fruitière lémanique).

Bei Bedarf kann die Ca-Verfügbarkeit im Boden durch eine Ca-Düngung, zum Beispiel mit Calciumsulfat, optimiert werden. Bei Böden mit einem pH $< 5,9$ ist eine Kalkung in Betracht zu ziehen (Kapitel 2.3.5), was jedoch meist auch die Aufnahme anderer Nährstoffe beeinflusst. An Standorten mit Problemen mit der Ca-Versorgung können ab Juni zusätzlich Blattdünger eingesetzt werden (Tabelle 10, Kapitel 4.5). Die Kulturführung (gleichmässiger Fruchtansatz, moderates Triebwachstum und früher Triebabschluss, termingerechte Ernte) sind ebenso wichtig wie die Düngung. Weiterführende Information: Baab (2009f).

3.6 Magnesium

Mg ist ein wesentlicher Bestandteil des Chlorophylls und damit wichtig für die Photosynthese. Mg aktiviert zahlreiche Enzyme und ist dadurch am Aufbau von Kohlenhydraten, Proteinen, Fetten und Vitaminen beteiligt. Weiter ist Mg für die Stabilität von Zellwänden und für die Regulation des Wasserhaushaltes verantwortlich. Mg-Mangel (Abbildung 7) führt zu vorzeitigem Blattfall, was aufgrund des Mangels an Assimilaten in der Folge zu reduziertem Dickenwachstum, geringerer Blütenbildung und verminderter Forsthärte führt. Früchte bleiben bei Mg-Mangel klein, geschmacklos, zuckerarm und schwach gefärbt. Mg-Überschuss kann die Aufnahme anderer Nährstoffe, zum Beispiel K oder Mangan (Mn), negativ beeinflussen.

Mg ist vor allem wegen der Aufnahmekonkurrenz (Antagonismus) mit anderen Nährstoffen (namentlich K, aber auch Ammonium [NH₄⁺], Ca und Mn) in zahlreichen Obstanlagen ein Problemnährstoff. Bei ungünstigem K:Mg-Verhältnis im Boden muss die Mg-Versorgung im Boden angehoben werden, um eine Mangelsituation zu verhin-



Abbildung 7 | Magnesiummangel bei Apfelbäumen: vor allem bei älteren Blättern ab August/September hellgrüne bis gelbe, unregelmässige, ovale Flecken zwischen den noch grünen Blattadern. Im Gegensatz zu den Symptomen des Mangans mangels sind die Blatflecken scharf vom umgebenden Grün abgegrenzt. Später werden die Flecken nekrotisch braun. Blattadern bilden oft ein fischgräteähnliches Muster. Birnen: erst im Spätsommer bei älteren Blättern schwarz-braune, ovale Nekrosen entlang der Mittelrippe zwischen den noch grünen, fischgräteartigen Blattadern. Kirschen/Zwetschgen: Blattflächen zwischen den noch grünen Blattnerven verfärben sich gelb-orange bis bräunlich, später braun (Fotos: Agroscope).

dern. Aufgrund der Auswaschungsgefahr sollte Mg erst im Februar/März ausgebracht werden (Tabelle 10). Als Blattdünger kann Mg von Blühende bis Juni ausgebracht werden, um an Standorten mit Problemen der Mg-Versorgung die Chlorophyllentwicklung und damit die Photosynthese zu unterstützen. Weiterführende Informationen: Heller und Ryser (1997b), Baab (2009e).

3.7 Schwefel

Schwefel (S) ist ein Bestandteil von Proteinen, Aminosäuren, Farbstoffen und Stoffwechselverbindungen. Mit Pflanzenschutzmitteln und schwefelhaltigen Düngern wird S oft in genügender Menge ausgebracht. S-Mangel (mattgrüne Blätter mit chlorotischen Blattadern, Blätter bleiben klein) tritt im Obstbau daher nur selten auf.

3.8 Bor

Bor (B) spielt vor allem beim Wachstum (Meristemwachstum, Zellteilung) sowie in den Blütenorganen (Pollen-schlauchwachstum) eine wichtige Rolle. Weiter hemmt B die Berostung und ist am Kohlenhydratstoffwechsel, an der Gewebedifferenzierung und am Aufbau der Zellwände beteiligt. B aktiviert respektive deaktiviert Wachstoffsstoffe und Hormone. B-Mangel und -Überschuss führen zu deformierten Früchten, verkrüppelten Blüten bei Kirschen, Korkflecken im Fruchtfleisch, Berostung sowie zum Tod des Meristemgewebes und der Triebspitzen.



Abbildung 8 | Bormangel führt zu deformierten Früchten und zu Korkflecken im Fruchtfleisch (Foto oben: Karl Bachinger, Landwirtschaftskammer Niederösterreich; unten: Agroscope).

B-Mangel (Abbildung 8) tritt vor allem auf Böden mit hohem Kalkgehalt respektive mit hohem pH-Wert ($> 7,2$), bei Trockenheit, bei gleichzeitiger Kälte und Nässe, hoher N-Versorgung im Boden und auf sandigen, wasserdurchlässigen Böden auf. B-Mangel kann wirksam mit einer Bodendüngung korrigiert werden. Schwierigkeiten bei der Düngung kann jedoch der enge Optimalbereich bei der B-Versorgung bereiten. Um eine Überdüngung zu vermeiden, sind die oft nur geringen Mengen daher genau einzuhalten. Auf Problemstandorten können auch Blattdünger wirksam eingesetzt werden, die mit anderen Pflanzenschutzmitteln mischbar sind (Verträglichkeit vorgängig prüfen). Frühe B-Düngungen wirken besser als späte. B-Gaben sind bei Bedarf zwei- bis dreimal zu wiederholen. Weiterführende Informationen: Baab (2012).

3.9 Kupfer

Kupfer (Cu) ist Bestandteil des Stoffwechsels der Obstbäume (Kohlenhydrate, Eiweisse). Weiter ist Cu in Enzymen enthalten und dabei am Ligninstoffwechsel beteiligt (Verholzung der Zellwände). Cu-Mangel, sichtbar als Blattaufhellungen an den Triebspitzen, tritt vor allem auf Moor- und Sandböden auf und führt zu Blattfall, verkümmerten Triebspitzen und gestörter Fruchtbildung. Häufiger als Cu-Mangel dürfte in Obstanlagen als Folge von Pflanzenschutzmittelbehandlungen jedoch Cu-Überschuss auftreten. Zu hohe Cu-Konzentrationen können negative Auswirkungen auf das Wurzelwachstum (> 200 mg Cu/kg; Österreicher und Aichner 1998) und die Bodenlebewesen (Regenwürmer) haben sowie die Aufnahme der Elemente Kalium, Eisen, Mangan und Zink konkurrenzieren.

3.10 Eisen und Mangan

Eisen (Fe) ist Bestandteil verschiedener Enzyme und damit in den Chloroplasten und im Chlorophyll vertreten. Weiter ist Fe wichtig für die Energieübertragung bei der Photosynthese und der Atmung. Mangan (Mn) aktiviert in der Pflanze zahlreiche Enzyme und ist damit an verschiedenen Stoffwechselprozessen beteiligt. Die Verfügbarkeit von Mn und Fe im Boden ist vom pH-Wert abhängig: In alkalischen Böden sind Mn und Fe stark gebunden und daher oft nur in tiefen Konzentrationen pflanzenverfügbar. Ein Mn- (Abbildung 9) und Fe-Mangel (Abbildung 10) kann durch Bodenverdichtung, unsachgemässe Kalkung sowie überhöhte Düngung mit Mg und Ammonium ausgelöst werden.

Aufgrund der Abhängigkeit vom pH-Wert kann die Verfügbarkeit von Mn und Fe nicht durch eine einfache Bodendüngung angehoben werden. Daher stehen bei Mn und Fe Blattdünger und pH-stabile Chelatdünger im Vordergrund (Kapitel 4.5 und 4.6). In der Regel ist der Bedarf an Mn und Fe nach der Blüte am höchsten (Tabelle 10). An Standorten mit Problemen mit der Mn- und/oder Fe-Versorgung kann allenfalls bereits vor der Blüte eine Düngung durchgeführt werden. Weitere Behandlungen im Sommer oder nach der Ernte (Steinobst) können ebenfalls angezeigt sein. Weiterführende Informationen: Heller und Ryser (1997a; 1997c), Baab (2009d; 2009g)



Abbildung 9 | Mangan-Mangelsymptome zeigen sich vor allem an vollentwickelten, mittelalten Blättern: nicht scharf abgegrenzte, diffuse Chlorophyllaufhellungen (blassgrün, später stumpfgelb) zwischen den Blattnerven, die meist grün bleiben respektive von einem breiten grünen Saum umgeben sind. Nekrosen treten erst sehr spät oder gar nicht auf. Birnen: einheitliche Blattvergilbung (ähnlich wie N-Mangel). Kirschen: häufig mit braunen Blatträndern (Foto oben: Othmar Eicher, Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg; unten: Jeanne Poulet, Union fruitière lémanique).



Abbildung 10 | Bei Eisenmangel sind die jüngsten Blätter leuchtend gelb, später braun. Nur die Blattnerven bleiben grün (Foto: Agroscope).

3.11 Zink

Zink (Zn) aktiviert eine Reihe von Enzymen und ist damit an Zellteilungs-, Zellstreckungs- und Stoffwechselprozessen beteiligt. Zn-Defizite treten vor allem in schweren, humushaltigen, verdichteten (Staunässe) oder alkalischen Böden ($\text{pH} > 7,2$) auf. Zn-Mangel führt zu Wachstumspro-

blemen bei Wurzeln und Trieben sowie zum Abfallen von Blüten und Blättern. Weiter kann Zn-Mangel kleinere Früchte sowie eine Verzögerung der Fruchtreife zur Folge haben. Zn-Mangel wird zuerst an sonnenexponierten und älteren Blättern sichtbar (kleine, schmale, starr aufrechtstehende, lanzettenförmige und rosettenförmig angeordnete Blätter mit mosaikförmigen Chlorophyllaufhellungen). Blattadern weisen einen deutlichen, grünen Saum auf. Blattränder sind meist gewellt oder stärker gezahnt. Chlorosen treten vor allem bei jungen Blättern auf.

Zn-Überschuss ist vor allem auf sauren Standorten ein Problem und kann zur Zerstörung von Chlorophyll und dadurch zu Wachstumsdepression führen. Zn wird in der Regel durch Blattdünger verabreicht. Weiterführende Informationen: Baab (2009c).

4. Düngetechnik

4.1 Breitflächige oder lokale Düngung

Dünger können in der Obstanlage entweder breitflächig mit dem Düngerstreuer oder lokal auf den Baumstreifen mit einer Vorrichtung für eine gezielte Ausbringung oder von Hand ausgebracht werden (Abbildung 11). Die begrenzte Ausbringung des Düngers auf den Baumstreifen ist vor allem bei schwachen Veredelungsunterlagen sinnvoll, da in diesen Fällen der Wurzelraum in der Regel im Baumstreifen bleibt. Eine gelegentliche Breitbanddüngung ist jedoch auch in diesen Anlagen von Zeit zu Zeit zur Unterstützung einer tragfähigen Grasnarbe in der Fahrgasse sinnvoll. Erfolgt die Düngung nur im Baumstreifen, so dürfen Bodenproben für die Nährstoffkontrolle ebenfalls nur im Baumstreifen genommen werden (Kapitel 2.3.1). Die Düngergaben werden jeweils für die Gesamtfläche der



Abbildung 11 | Düngerstreuer: breitflächige Düngung des Wurzelraums und der Fahrgasse (Foto: Thomas Kuster, Agroscope).

Obstanlage berechnet. Wird der Dünger nur lokal auf dem Baumstreifen ausgebracht, so verdreifacht sich bei gezielter Düngung die Düngergabe von P, K und Mg bezogen auf die effektiv gedüngte Fläche, da der Baumstreifen etwa einem Drittel der Gesamtfläche entspricht (Abbildung 1). Bei N wird empfohlen, bei einer Baumstreifendüngung die Gabe pro Hektare um ein Drittel zu reduzieren, was lokal der doppelten Menge des berechneten Düngerbedarfs entspricht. Höhere N-Mengen dürfen nicht ausgebracht werden, um eine Schädigung des Baumes, eine verminderte Fruchtqualität und eine Auswaschung der Nährstoffe zu vermeiden.

4.2 Nachbau und Düngung von Junganlagen

Obstbäume stehen, im Gegensatz zu anderen Kulturen, über mehrere Jahre immer am gleichen Standort. Ein Wechsel der angebauten Kultur ist erst nach mehreren Jahren bis Jahrzehnten möglich. Zusätzlich erschweren ein heterogener Aufbau einer Obstanlage sowie Investitionen in Witterungsschutz, Pflanzenschutz und Bewässerungsanlagen eine Verschiebung des Baumstreifens bei einer Neupflanzung. Bei wiederholtem Anbau von Obstbäumen auf der gleichen Fläche oder auf dem gleichen Streifen können jedoch Wuchs- und Ertragsminderungen (Bodenmüdigkeit, siehe auch Projekt Steinobststerben: Bosshard *et al.* 2004) auftreten. Diese Bodenmüdigkeit kann bodenphysikalische, bodenchemische, pilzbedingte oder tierische Ursachen haben. Ist mit Bodenmüdigkeit zu rechnen, so ist ein Wechsel der Obstsorte, eine Vegetationspause mit einer Gründüngung oder eine Verschiebung des Baumstreifens zu prüfen. Zusätzlich wird bei Nachbauproblemen eine Kompostgabe zur Bodenverbesserung empfohlen (siehe auch Kapitel 4.3, Abbildung 12). Zur Vorbereitung des Bodens sollten Mist, Gärgut oder organische Flüssigdünger bereits in der Vorkultur ausgebracht werden.



Abbildung 12 | Champignonkompost zur Bodenverbesserung im Nachbau einer Zwetschgenanlage (Foto: Thomas Schwizer, Agroscope).

Die Düngung von Junganlagen muss an die Pflanzenentwicklung während der Wachstumsphase angepasst werden. Junge Bäume benötigen zum Aufbau der Biomasse (Wurzel-, Stamm- und Triebwachstum) viele Nährstoffe. Daher sollte eine Junganlage trotz des ausbleibenden Nährstoffzugs durch die Ernte ausreichend, kulturangepasst und zeitgerecht gedüngt werden. Zu hohe Nährstoffgaben können jedoch bei jungen oder schwach wachsenden Bäumen aufgrund des noch kleinen Wurzelwerks nicht aufgenommen werden. Daher sollte in Junganlagen die Düngung lokal auf den Baumstreifen ausgebracht werden. Die Berechnung des Düngerbedarfs (inklusive Korrekturen) erfolgt aufgrund eines vorhergesagten Zielertrags in der Vollertragsphase. Beginnend mit der halben Ertragsmenge wird die Düngung bis zum Eintreten der Vollertragsphase schrittweise auf die ganze Norm angehoben. Die Dauer dieser Aufbauphase ist abhängig vom Standort, der Anbaustrategie, des Wachstums und der Pflanzenqualität, beträgt aber maximal fünf Jahre.

4.3 Organische Dünger

Die Düngung im Frühling mit organischem Material (Kompost, gut verrotteter Mist, Gülle etc.) hat, als Alternative zu mineralischen Düngern, mehrere Vorteile. Die organische Substanz muss von der Bodenfauna abgebaut werden, was nicht nur die biologischen Bodeneigenschaften und die Mykorrhizierung fördert, sondern auch ermöglicht, dass Nährstoffe über einen längeren Zeitraum kontinuierlich in die Bodenlösung abgegeben werden (ausser organische Dünger in flüssiger Form, z. B. Gülle). Dadurch kann die Anzahl Fahrten reduziert werden, was besonders bei nassen Böden die Gefahr von Verdichtung vermindert. Durch den Eintrag an organischem Material und der dadurch verbundenen höheren Bodenaktivität werden Humusgehalt und Krümelstruktur erhalten oder gar gesteigert, was sich wiederum positiv auf den Wasser- und Lufthaushalt eines Bodens auswirkt.

Im ersten Jahr nach der Ausbringung hat die Bodenabdeckung mit Kompost eine unkrautunterdrückende Wirkung. Weiter vermindert die Bodenabdeckung mit Kompost die Verdunstung und hat damit vor allem bei trockener Witterung eine positive Wirkung auf die Bodenfeuchtigkeit. Ebenfalls kann eine Bodenabdeckung mit Kompost eine positive Wirkung gegen Frostschäden haben. Je nach Qualität und Verrottungsgrad können durch einen Komposteinsatz zudem schädliche Bodenpilze gehemmt werden, was speziell bei Nachbauproblemen interessant ist (Kapitel 4.2). Das Ausbringen von organischem Material, namentlich Kompost, ist daher vor allem in langjährigen Kulturen wie im Obstbau eine wichtige Massnahme zur Boden- und Standortverbesserung.

Zu hohe Kompostgaben können negative Auswirkungen auf eine Obstanlage haben. Bei feuchten Böden kann eine geringere Verdunstung durch die Abdeckung mit organischem Material die Gefahr mechanischer Bodenverdichtung erhöhen. Zudem kann die Mäusegefahr erhöht sein. Kompost ist zudem oft reich an K und N (siehe Modul 4/ Eigenschaften und Anwendung von Düngern, Kapitel 3),

so dass erhöhte Gaben Aufnahmekonkurrenz oder physiologische Probleme auslösen können. Allgemein sollte der Nährstoffgehalt des organischen Materials möglichst gering sein, da die maximale Menge an Dünger durch die vorgegebene Düngungsnorm der verschiedenen Nährstoffe (vor allem durch P) limitiert ist. In jedem Fall sollten beim Lieferanten aktuelle Nährstoffanalysen verlangt werden.

Besonders zu beachten ist auch die Qualität des Komposts, die den Richtlinien der Branche entsprechen sollte (Abächerli *et al.* 2010). Der Gehalt an Schwermetallen und Fremdstoffen (Kunststoffe, Glas, Metall etc.) muss unterhalb der Grenzwerte liegen (ChemRRV), und der Kompost darf keine unerwünschten Organismen wie Samen von Neophyten oder Krankheitserreger enthalten (DüV). Der Verrottungsgrad muss zudem für die Kultur optimal und möglichst homogen sein. Weiterführende Informationen sind bei der Biomasse Suisse (www.biomassesuisse.ch) oder bei CVIS (Inspektoratssystem für die Kompostier- und Vergärbranche Schweiz, www.cvis.ch) erhältlich.

Um schädliche Auswirkungen von zu hohen Kompostgaben zu verhindern, darf zur Düngung innert drei Jahren maximal 25 t/ha Trockensubstanz (entspricht ca. 50 t/ha Frischgewicht, ca. 100 m³ Kompost) und zur Bodenverbesserung innert zehn Jahren maximal 100 t/ha Trockensubstanz (entspricht ca. 200 t/ha Frischgewicht, ca. 400 m³ Kompost) ausgebracht werden (ChemRRV, BAFU und BLW 2012). Wird im Rahmen einer organischen Bodenverbesserung die Normdüngung überschritten, so ist eine Sonderbewilligung der kantonalen Fachstelle nötig (Richtlinien für den Leistungsnachweis ÖLN im Obst- und Beerenanbau in der Schweiz). Weiterführende Informationen: Modul 4/ Eigenschaften und Anwendung von Düngern.

4.4 Fertigation und Flüssigdünger

Wird eine Obstanlage mit Tropfenbewässerung oder lokalisierter Mikroberieselung bewässert (Monney und Bravin 2011), so kann die Düngung mit der Bewässerung ausgebracht werden (Fertigation, Abbildung 13). Diese Technik ist vor allem für intensive Kulturen mit schwachen Veredelungsunterlagen mit einem kleinen Wurzelraum oder bei gedeckten Kirschenanlagen interessant. Leicht auswaschbare Elemente können zudem in mehreren Düngungen zeitlich gezielt zugeführt werden, was vor allem für N und allenfalls auch für Mg interessant ist. Im Frühling, wenn die meisten Dünger ausgebracht werden, ist der Boden oft auch ohne Bewässerung genügend feucht. Die Düngerapplikation erfolgt daher oft in konzentrierter Form mit geringem Wasseraufwand. Nach einer Düngung müssen die Leitungen mit Wasser gespült werden, um Kristallisierungen zu verhindern.

Neben der Fertigation kann Flüssigdünger auch mit dem Herbizidbalken oder mit einer Brause ausgebracht werden («Duschen»). Vor allem N, zum Beispiel in Form von gelöstem Calcium- oder Kaliumnitrat, kann mit dem Herbizidbalken während und nach der Blütezeit appliziert werden. Bezüglich Baumentwicklung, Ertrag und Fruchtqualität



Abbildung 13 | Mittels Bewässerung kann die Düngung gezielt dem Wurzelraum zugeführt werden (Foto: Thomas Schwizer, Agroscope).

gibt es keine allgemeinen Vorteile der Fertigation oder Flüssigdüngung gegenüber der Streudüngung. Mit der Flüssigdüngung kann der N jedoch gezielt dem Wurzelraum zugeführt werden. Zudem sind die Nährstoffe rascher pflanzenverfügbar, da sie mit dem Wasser bereits in gelöster Form in den Boden gelangen. Wegen der zusätzlichen Wassergabe und der dadurch besseren Verteilung der Nährstoffe im Boden sind positive Effekte der Flüssigdüngung vor allem in trockenen Jahren denkbar. Bei Flüssigdünger ist die Menge an Salzen, die in der Nährstofflösung enthalten sind, zu beachten. Ein zu niedriger Wert kann Nährstoffmangel, ein zu hoher Wert kann durch zu hohe Salzkonzentrationen Wassermangel auslösen. Die Salzmenge wird als elektrische Leitfähigkeit (electric conductivity [EC], mS/cm) gemessen. Der optimale Salzgehalt in der Düngerlösung hängt von der angebauten Kultur, der Witterung und dem Salzgehalt im Boden ab, so dass es keine allgemein gültigen Angaben gibt. Fertigation und Flüssigdünger sind im Düngungsplan und damit in der gesamtbetrieblichen Nährstoffbilanz zu berücksichtigen.

4.5 Blattdünger

Die Versorgung der Obstbäume mit Nährstoffen erfolgt vorwiegend über die Wurzeln. Kann durch eine Bodendüngung nicht die gewünschte Wirkung erzielt werden, so ist es möglich, die Nährstoffversorgung mittels Blattdüngung zu ergänzen. In kalkreichen oder kaliumreichen Böden ist es zum Beispiel nicht möglich, die Verfügbarkeit von Mg, B, Fe oder Mn durch eine Bodendüngung zu erhöhen, da diese Nährstoffe bei hohem pH-Wert sehr schnell im Boden gebunden oder wegen Antagonismen nicht aufgenommen werden können (Ausnahme: Chelatdünger, siehe Kapitel 4.6). Ebenso kann es bei starkem Blütenansatz und entsprechend hohem Nährstoffbedarf sinnvoll sein, Obstbäume nach dem Abblühen mit Blattdüngern zu

unterstützen. Die Wirkung der Blattdüngung darf jedoch nicht überbewertet werden. Eine Blattdüngung sollte daher nur bei Schwierigkeiten in der Kulturführung eingesetzt werden. Eine Nacherntebblattdüngung sollte zudem nur bei gesundem Blattwerk und genügend Zeit für die Reservestoffeinlagerung durchgeführt werden. Untersuchungen haben gezeigt, dass bei genügender Nährstoffversorgung über den Boden die Quantität und die Qualität der Ernte durch Blattdüngung nicht gesteigert werden und das Auftreten von Alternanz nicht beeinflusst wird (Widmer *et al.* 2005, 2006; Kuster und Schweizer 2015), da nur ein geringer Anteil des gesamten Nährstoffbedarfs über das Blatt aufgenommen werden kann. In ausgeglichenen und gesunden Obstanlagen sind daher Blattdünger ökonomisch und ökologisch (Abdrift) nicht zu rechtfertigen.

Blattdüngungen werden in der Regel auf mehrere Gaben aufgeteilt, um Verluste zu reduzieren. Sie müssen in den angegebenen Mittel- und Wasseraufwandmengen (in der Regel 1000 l/ha) gespritzt werden und dürfen nicht wie Pflanzenschutzmittel aufkonzentriert werden. Daher können Blattdünger in den meisten Fällen nicht mit Pflanzenschutzmitteln gemischt werden. Werden Blattdünger mit anderen Blattdüngern oder trotzdem mit Pflanzenschutzmitteln gemischt, so müssen die Anwendungshinweise beachtet werden, um Phytotoxizität oder eine unzureichende Wirkung zu vermeiden. Die Spritzgeräte sind vor der Aufbereitung der Blattdünger gründlich zu reinigen.

Blattdünger werden passiv durch die Blattoberfläche aufgenommen. Das heisst, im Gegensatz zu Bodendüngern kann der Obstbaum die Aufnahme der Nährstoffe über das Blatt nicht aktiv beeinflussen. Vielmehr sind Witterung (vor allem die Luftfeuchtigkeit), der ausgebrachte Dünger (hygroskopische Eigenschaften, Aufwandmenge, Benetzungsqualität) sowie das Entwicklungsstadium der Blüten, Blätter und Früchte für die Wirkung entscheidend (Baab 2009f). Je höher die relative Luftfeuchtigkeit, desto schneller werden die Nährstoffe durch die aufgequollene Blattoberfläche aufgenommen. Bei tiefer Luftfeuchtigkeit trocknen Blattdünger schnell aus und kristallisieren auf der Blattoberfläche, bevor sie aufgenommen werden. Bei zu langer Antrocknungszeit besteht die Gefahr von Blattverbrennungen. Generell sollten Blattdünger nicht bei heisser Witterung (> 25 °C) gespritzt werden, ab 20 °C sollte die Aufwandmenge reduziert werden.

Eine zu hohe Aufwandmenge respektive eine zu hohe Konzentration kann die Blüte oder das Blatt schädigen, so dass Blattdünger eher in mehreren Applikationen mit jeweils moderaten Mengen statt in einer einzigen Gabe ausgebracht werden sollten. Die Gebrauchsanleitungen der einzelnen Produkte müssen in jedem Fall genauestens berücksichtigt werden.

Blattdünger gibt es in Form von Salzen oder als formulierte Blattdünger. Letztere enthalten Netz-, Haft-, Adsorptions- und Penetrationsmittel zur besseren Aufnahme des Düngers durch die Blattoberfläche. Je nach Nährstoff und Anwendungsbedingungen eignet sich eine der unter-

schiedlichen Formulierungen (Chelate, Nitrate, formulierte Suspensionen, Sulfate) besser als eine andere.

4.6 Chelatdünger

Als Ergänzung zu den üblichen Bodendüngern können an Standorten mit Problemen bei der Nährstoffversorgung neben Blattdüngern auch pH-stabile Chelatdünger verwendet werden. Chelatdünger bleiben im Boden in der Regel über längere Zeit pflanzenverfügbar, so dass Pflanzen auch auf sauren Böden mit Ca und an kalkreichen Standorten mit Mg, B, Fe, und Mn über die Wurzeln versorgt werden können. Chelatdünger sollten wenn möglich mittels Fertigation (siehe Kapitel 4.4), Lanzendüngung oder vergleichbaren Verfahren der mechanischen Injektion eingebracht werden (Baab 2009g). Zwar können Chelatdünger auch oberflächlich zum Beispiel mit einer Herbizidspritze oder einem Herbizidbalken ausgebracht werden. Wegen der geringen UV-Stabilität sollten Chelatdünger oberflächlich aber nur in den Abendstunden und vor Niederschlägen oder einer Bewässerung gedüngt werden. Je nach Produkt und Zeitpunkt können Chelatdünger mit einem Herbizid ausgebracht werden.

Bei Boden-Chelatdüngern gibt es grosse Unterschiede in ihrer pH-Stabilität, wobei der Stabilität der Chelatdünger vor allem bei einem hohen Boden-pH-Wert Beachtung zu schenken ist. Zum Beispiel wird bei eisenhaltigen Chelatdüngern mit der Bindungsform ortho-ortho (o, o) Fe am stärksten gebunden. Die Bindungsform ortho-para (o, p) ist bei hohen pH-Werten weniger stabil. Die geringste Stabilität weist die Form para-para (p, p) auf. Die Bindungsform sollte deshalb beim Kauf überprüft werden. Chelatdünger können auch als Blattdünger eingesetzt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass EDTA-haltige Chelatdünger nicht aufs Blatt appliziert werden dürfen.

4.7 Düngung der Feldobstbäume

Der Nährstoffbedarf von Feldobstbäumen wird entweder aufgrund eines mittleren Jahresbedarfs pro Einzelbaum (0,45 kg N, 0,15 kg P₂O₅, 0,56 kg K₂O und 0,08 kg Mg) oder des jährlichen Fruchtertrags (1,5 kg N, 0,5 kg P₂O₅, 1,8 kg K₂O und 0,25 kg Mg, jeweils pro Tonne Fruchtertrag) berechnet. In einer Hochstammobstanlage ist jedoch in der Regel der Nährstoffentzug durch die Nutzung des Unterwuchses deutlich grösser als der Entzug durch die Obstbäume (Abbildung 14). Dadurch variiert der Nährstoffbedarf von Feldobstanlagen vor allem mit der Nutzungsintensität der Wiesen. Die Düngung des Unterwuchses erfolgt entsprechend dem Modul 9/ Düngung von Grasland. Um die Unsicherheiten in den Richtwerten zu berücksichtigen, ist im Feldobstbau alle fünf Jahre eine regelmässige Überprüfung des Nährstoffzustandes mittels Bodenproben sinnvoll. Im Mittel beträgt die Düngungsnorm bei Ertragsbäumen inklusive Unternutzung 150 kg N, 100 kg P₂O₅, 300 kg K₂O und 50 kg Mg pro Hektare und Jahr.

Im Feldobstbau werden im Gegensatz zum Erwerbsobstbau vorwiegend Hofdünger eingesetzt. Es wird empfoh-

len, im Frühling (Februar–März) eine mittlere Mistgabe (20 t/ha) auszubringen (Tabelle 10). Je nach klimatischen Bedingungen, dem Triebwachstum der Bäume und der Nutzungsintensität der Wiese sind zusätzlich bis zu zwei Güllegaben mit je ca. 20 m³ notwendig. Die letzte Güllegabe sollte vor Anfang Juli ausgebracht werden, um einem verzögerten Triebabschluss und den dadurch möglichen Frostschäden vorzubeugen. Auf Flächen, die für den ökologischen Leistungsnachweis angerechnet werden, darf nur die Lanzendüngung zur Baumernährung eingesetzt werden. Mit einer Lanzendüngung kann Dünger gezielt in den Wurzelraum eines Hochstammobstbaumes zugeführt werden. Dabei wird pro cm Stammumfang ein Liter einer wässrigen Lösung (6–8 %) eines Mehrnährstoffdüngers verwendet (zwei Einstiche je m² und l).



Abbildung 14 | In einer Hochstammobstanlage ist in der Regel der Nährstoffentzug durch die Nutzung des Unterwuchses grösser als der Entzug durch die Obstbäume (Foto: Richard Hollenstein, Landwirtschaftliches Zentrum SG).

4.8 Düngung im biologischen Obstbau

Im Biolandbau wird, wie im konventionellen Obstbau, eine termin- und mengenmässig optimale Nährstoffversorgung der Bäume angestrebt, um eine qualitativ und quantitativ hochstehende Ernte zu ermöglichen. Durch die eingeschränkte Auswahl an Düngern und Pflanzenschutzmitteln im Biolandbau sind der Aufbau und die Erhaltung einer hohen Bodenfruchtbarkeit, das Gleichgewicht zwischen vegetativem und generativem Wachstum und die Baumgesundheit besonders wichtig. Daher muss die Düngung gezielt mit anderen Massnahmen zur Kulturführung abgestimmt werden. Für weitere Informationen können das Modul 6/ Pflanzenernährung im biologischen Landbau FiBL (<https://shop.fibl.org/de/artikel/c/bml.html>) sowie die Richtlinien von BioSuisse (<http://www.bio-suisse.ch/de/regelwerkmerkbltter3.php>) konsultiert werden.

5. Literatur

- Abächerli F., Baier U., Berner F., Bosshard C., Fuchs J., Galli U., Gfeller H., Leuenberger R., Mayer J., Pfaffen P., Schleiss K., Trachsel D. & Wellinger A., 2010. Schweizerische Qualitätsrichtlinie 2010 der Branche für Kompost und Gärgut. Inspektionskommission der Kompostier- und Vergärbranche der Schweiz (Hrsg.), Biogas Forum, Kompostforum Schweiz, Interessengemeinschaft Anlagen des Kompostforums Schweiz, Verband Kompost- und Vergärwerke Schweiz VKS. Zugang: http://www.biomassesuisse.ch/files/biomasse_temp/data/Das_bieten_wir/Q-Richtlinie_2010_def_weiss_web.pdf [16. 11. 2016].
- Agroscope, 1996. Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope, Band 1: Bodenuntersuchungen zur Düngeberatung, Ausgabe 2015. Agroscope Zürich-Reckenholz und Wädenswil.
- Baab G., 2004. Die Blattanalyse – ein wichtiger Beitrag zum Leistungszustand der Blätter. *Kernobst* 29 (8), 417–421.
- Baab G., 2009a. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 1: Kalium. *Besseres Obst* 54 (1), 16–19.
- Baab G., 2009b. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 2: Phosphor. *Besseres Obst* 54 (3), 20–23.
- Baab G., 2009c. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 3: Zink. *Besseres Obst* 54 (4), 20–24.
- Baab G., 2009d. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 4: Mangan. *Besseres Obst* 54 (5), 13–16.
- Baab G., 2009e. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 5: Magnesium. *Besseres Obst* 54 (6), 12–16.
- Baab G., 2009f. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 6: Calcium. *Besseres Obst* 54 (7), 18–21.
- Baab G., 2009g. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 7: Eisen. *Besseres Obst* 54 (8), 15–18.
- Baab G., 2009h. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 8: Stickstoff. *Besseres Obst* 54 (10–11), 22–26.
- Baab G., 2012. Das Spurennährelement Bor. *European Fruit Magazine* 2012 (3), 28–32.
- BAFU & BLW, 2012. Nährstoffe und Verwendung von Düngern in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 62 S.
- Batjer L., Rogers B. & Thompson A., 1952. Fertilizer applications as related to nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium utilization by apple trees. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 60, 1–6.
- Bergmann W., 1993. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen: Entstehung, visuelle und analytische Diagnose. Spektrum Akademischer Verlag, Jena.
- Bertschinger L., Gysi C., Häseli A., Neuweiler R., Pfammatter W., Ryser J.-P., Schmid A. & Weibel F., 2003. Grundlagen für die Düngung der Obstkulturen. Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil, Nyon. 48 S.
- BLW, 2013. Direktzahlungsverordnung 2016. Bundesamt für Landwirtschaft BLW, Bern. Zugang: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/direktzahlungen.html> [4. 11. 2016].
- Bosshard E., Rüegg J. & Heller W., 2004. Bodenmüdigkeit, Nachbauprobleme und Wurzelkrankheiten. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 140 (10), 6–9.
- ChemRRV, 2005. Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen. Der Bundesrat, Bern. Zugang: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20021520/index.html> [14. 11. 2016].
- DüV, 2001. Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngern. Der Bundesrat, Bern. Zugang: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20002050/index.html> [14. 11. 2016].
- Heller W. & Ryser J.-P., 1997a. Eisenmangelchlorose im Obstbau. Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Wädenswil.
- Heller W. & Ryser J.-P., 1997b. Magnesiummangel bei Obstbäumen. Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Wädenswil.
- Heller W. & Ryser J.-P., 1997c. Manganmangel bei Obstbäumen. Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Wädenswil.
- Kuster T. & Schweizer S., 2015. Nachernteblattdünger mit Harnstoff im Kirschenanbau: Aufwandmenge dem Fruchtansatz anpassen. *Früchte & Gemüse* 2015 (6), 11–12.
- Monney P. & Bravin E., 2011. Bewässerung von Obstbäumen. Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Wädenswil. 27 S.
- Österreicher J. & Aichner M., 1998. Kupfergehalt beeinflusst Baumwachstum. *Obstbau Weinbau* 35 (1), 18–20.
- Scheffer F., Schachtschabel P., Blume H.-P. & Thiele-Bruhn S., 2010. Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. 569 S.
- Stünzi H., 2006. Zur Phosphor-Bodenextraktion mit Ammoniumacetat-EDTA (AAE10). *Agrarforschung* 13 (11–12), 488–493.
- SAIO, 2017. Richtlinien für den ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN) im Obst- und Beerenbau in der Schweiz. Schweiz. Arbeitsgruppe für Integrierte Obstproduktion (SAIO), Schweizer Obstverband, Zug. Zugang: <http://members.swissfruit.ch/system/files/2017-01/SAIO-Richtlinien-2017.pdf> [20. 3. 2016].
- Widmer A., Bünter M. & Stadler A., 2006. Blattdüngung: Ergebnisse aus der Praxis. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 2006 (20), 9–12.
- Widmer A., Stadler A. & Krebs C., 2005. Regelmässige Erträge dank Blattdüngung. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 2005 (13), 6–9.

6. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Düngungsnormen für Kern- und Steinobst sowie für Kiwi in Abhängigkeit des Ertrags.....	13/4
Tabelle 2 Jährlicher Nährstoffbedarf verschiedener Organe von Apfelbäumen.	13/4
Tabelle 3 Korrektur der N-Düngung für Kernobst und Steinobst.	13/4
Tabelle 4 Korrektur der N-Düngung für Kiwianlagen.	13/4
Tabelle 5 Korrektur der P-, K- und Mg-Düngung für Kernobst, Steinobst und Kiwi.	13/5
Tabelle 6 Obligatorische und empfohlene Bodenuntersuchungen im Obstbau.	13/5
Tabelle 7 Beispiel einer Berechnung des Düngerbedarfs für eine fiktive Apfelanlage im Vollertrag.....	13/7
Tabelle 8 Referenzwerte der Blattanalyse im Obstanbau Mitte Juni.....	13/8
Tabelle 9 Referenzwerte der Blattanalyse im Obstanbau im Juli/August (75–105 Tage nach der Vollblüte).....	13/8
Tabelle 10 Beprobung sowie Boden- und Blattdüngung im Jahresverlauf bei Stein- und Kernobst.....	13/9

7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Schema für die Entnahme von Bodenproben, wenn die ganze Obstanlage oder nur lokal auf Terrassen oder Baumstreifen gedüngt wird.....	13/5
Abbildung 2 Pro Parzelle werden mit einem Bodenbohrer 12–20 repräsentative Proben in Tiefen von 2–25 cm und 25–50 cm entnommen.....	13/6
Abbildung 3 Für die Blattanalyse werden pro Baum maximal zwei Blätter jeweils in der Mitte eines Jahrestriebs entnommen. Blätter, die bezüglich Grösse, Farbe und Neigung nicht repräsentativ für den Baum respektive für die Obstanlage sind, dürfen nicht verwendet werden.....	13/8
Abbildung 4 Phosphormangel.....	13/10
Abbildung 5 Kaliummangel.....	13/11
Abbildung 6 Calciummangel.....	13/11
Abbildung 7 Magnesiummangel.....	13/12
Abbildung 8 Bormangel.....	13/12
Abbildung 9 Manganmangel.....	13/13
Abbildung 10 Eisenmangel.....	13/13
Abbildung 11 Düngerstreuer: breitflächige Düngung des Wurzelraums und der Fahrgasse.....	13/14
Abbildung 12 Champignonkompost zur Bodenverbesserung im Nachbau einer Zwetschgenanlage.....	13/14
Abbildung 13 Mittels Bewässerung kann die Düngung gezielt dem Wurzelraum zugeführt werden.....	13/16
Abbildung 14 In einer Hochstammobstanlage ist in der Regel der Nährstoffentzug durch die Nutzung des Unterwuchses grösser als der Entzug durch die Obstbäume.....	13/17

